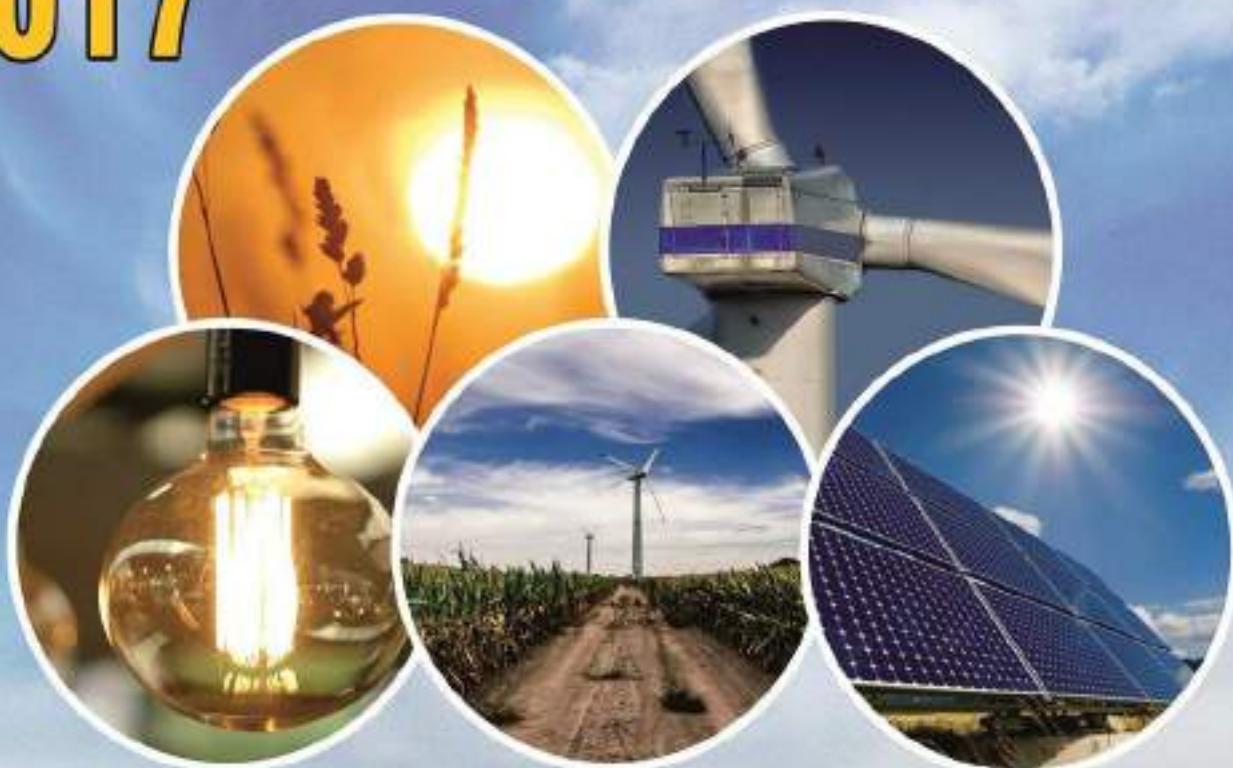


# **2<sup>nd</sup> INTERNATIONAL ENERGY & ENGINEERING CONFERENCE 2017**



**GAZİANTEP UNIVERSITY, TURKEY**

**12-13 OCTOBER 2017**



UEMK

<https://uemk-conferences.wixsite.com/2017>



# UEMK 2017 CONFERENCE PROCEEDINGS

12-13 October 2017  
Mavera Kongre ve Kültür Merkezi

GAZIANTEP UNIVERSITY  
DEPARTMENT OF ENERGY SYSTEMS ENGINEERING  
TURKEY

# UEMK 2017 BİLDİRİ ÖZETLERİ KİTABI

12-13 Ekim 2017  
Mavera Kongre ve Kültür Merkezi

GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ  
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ  
TÜRKİYE



**2nd INTERNATIONAL ENERGY & ENGINEERING CONFERENCE  
2017  
CONFERENCE PROCEEDINGS**

**2. ULUSLARARASI ENERJİ & MÜHENDİSLİK KONFERANSI  
2017  
BİLDİRİLER KİTABI**

**ISBN**  
978-975-7375-41-8

**Onaylanma Tarihi**  
2017-10-17 15:56:43

**Editör**  
Y. Doç. Dr. Adem ATMACA

Gaziantep Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi  
Enerji Sistemleri Mühendisliği Yayınları  
Gaziantep/ TÜRKİYE

Tel: +90 342 360 1200  
Fax: +90 342 360 1013  
e-posta: [uemk2017@gmail.com](mailto:uemk2017@gmail.com)  
web-site: <https://uemk-conferences.wixsite.com/2017>



## SPONSORS



GAZİANTEP  
TİCARET ODASI



LİMİTSİZ ENERJİ  
"Doğandan Gelen Enerji"





## **HONORORIAL CHAIR of UEMK 2017**

Prof. Dr. Ali GÜR  
Rector of Gaziantep University

TURKEY

## **CHAIR of UEMK 2017**

Asst. Prof. Dr. Adem ATMACA  
Energy Systems Engineering

Gaziantep University

TURKEY



## INTERNATIONAL SCIENTIFIC BOARD

Asst. Prof. Dr. Adem Atmaca - TURKEY

Dr. Alexander Hollberg - GERMANY

Prof. Dr. Arif Hepbaşlı - TURKEY

Prof. Dr. Benedict D. Ilozor - USA

Dr. Bert Liebold - GERMANY

Prof. Dr. Bin Chen - CHINA

Asst. Prof. Dr. Derya Bakbak - TURKEY

Assoc. Prof. Dr. Erdihan Tunç - TURKEY

Asst. Prof. Dr. Fatih Balcı - TURKEY

Assoc. Prof. Dr. Gillian F. Menzies - ENGLAND

Prof. Dr. Hüsamettin Bulut - TURKEY

Prof. Dr. Ignacio Acosta Garcia - SPAIN

Asst. Prof. Dr. Jitender Grover - INDIA

Prof. Dr. Joerg Baumeister - AUSTRALIA

Prof. Dr. Jürgen Ruth - GERMANY

Dr. Katrin Linne - GERMANY

Asst. Prof. Dr. Luis Martín Pomares - QATAR

Dr. Martin Brabant - AUSTRIA

Prof. Dr. Mehmet Kanoğlu - TURKEY

Prof. Dr. Metin Bedir - TURKEY

Asst. Prof. Dr. Mohammed Kamil - UAE

Asst. Prof. Dr. Mortaza Aghbashlo - IRAN

Assoc. Prof. Dr. Necip Fazıl Yılmaz - TURKEY

Asst. Prof. Dr. Nihat Atmaca - TURKEY

Dr. Qian Yin - CHINA

Prof. Dr. Recep Yumrutas - TURKEY

Prof. Dr. Sait Söylemez - TURKEY

Asst. Prof. Dr. Serap Sur Çelik - TURKEY

Prof. Dr. Tamara Nestorovic - GERMANY

Dr. Usep Surahman - INDONESIA

Prof. Dr. Yunus Çengel - TURKEY



## ORGANIZING COMMITTEE

Asst. Prof. Dr. Adem Atmaca - TURKEY

Prof. Dr. Bin Chen - CHINA

Asst. Prof. Dr. Fatih Balcı - TURKEY

Asst. Prof. Dr. Nihat Atmaca - TURKEY

Asst. Prof. Dr. Serap Sur Çelik - TURKEY

Ayşegül Öztürk - TURKEY

Ghaith AlQudsi - IRAQ

Gökçe Yürekli - TURKEY

Hanse Özel - TURKEY

Harun Taştan - TURKEY

Hasan Ataş - TURKEY

Merve Çamcı - TURKEY

Muhammet Yücel - TURKEY

Sara Kanbar - SYRIA

Serhat Baykara - TURKEY

Yurdagül Dağlar - TURKEY



# CONFERENCE TOPICS

- Energy
- Modeling of Energy and Systems
- Energy Transport, Power & Fuels
- Energy Systems
- Energy Supply and Demand
- Renewable Energy Resources and Technologies
- Energy Audit and Rational Use of Energy
- Advanced Energy Technologies
- Energy-Saving Technologies
- Electrical and Electronics Engineering
- Civil Engineering and green buildings
- Climate Change and Global Warming
- Environmental engineering, Environmental Systems and Telecommunications
- Environmental Safety and Health
- Water Resources and Future Conflicts
- Solid Waste, Waste Treatment and Management
  - Soil pollution
  - Air Pollution Control
  - Noise and Vibration Control
- Planning & Sustainable Development Policy
- Environmental Policy, Planning and Economy
- Energy Policy, Planning and Economics.
- Computer engineering
- Global Climate Change
- International cooperation to reduce carbon emissions
- Industrial Engineering, Sustainable Materials
- More Sustainable Product Design
- Science for Sustainable Development
- Social Security, Process Safety and Hazard Management
- Waste Assessment and Treatment
- Sustainable Urban Development
- Mechanical Engineering
- Mechanical and Structural Sustainability
- Sustainable Chemical Processes
- Tools to plan, design and operate integrated green technology
- Adsorption and Gas Storage Materials
- Sustainable Agriculture and Organic Farming; Green Agriculture Technology
- Food engineering, Food Safety and Organic Food
- Nanotechnology for Sustainability
- Life Cycle Assessment
- Computation, Modeling and Simulation, Ecological Sustainability
- Management, Green Economy and Sustainable Economic Development
- Natural Sciences



## ÖNSÖZ

Bu sene ikincisi düzenlenen konferansımız kamu, özel sektör ve akademik kurumları biraraya getirerek karşılıklı görüş alış verişinde bulunma fırsatı vermiştir. Enerji sektörü ve çevre başta olmak üzere mühendislik teknolojileri konularında yapılan güncel akademik çalışmalar, yaklaşık 100'ü yurt dışından olmak üzere 500'e yakın katılımcı tarafından sunulmuştur. Gerçekleştirilecek olan oturumlarda, enerji piyasaları, sanayide enerji verimliliği, yenilenebilir enerji teknolojileri ile makine, inşaat, gıda ve elektrik elektronik mühendisliklerinin kapsamına giren birçok farklı alanda sorunlar tartışıacak ve akademik çözüm önerileri ortaya konulacaktır.

2017 yılında enerji sektörü dünyanın gündeminde yine ön sıralarda yer almayı sürdürmektedir. Son yıllarda özellikle ülkemize yakın coğrafyalarda yaşanan gelişmelerin uluslararası enerji politikaları üzerinde önemli etkileri olmaktadır. Sürekli artan enerji talebini karşılamak ve dışa bağımlılığımızı azaltmak için varolan bütün potansiyelimizi kullanmak, yerli ve yenilenebilir kaynaklarımızın tamamından yararlanmak durumundayız. Hedeflerimizi gerçekleştirmek için en önemli araç olan özellikle mühendislik alanında yapılacak AR-GE faaliyetlerinin sürdürülmesiyle hem dünyadaki teknolojik gelişmeleri ülkemize kazandırmak hem de kendi YERLİ teknolojilerimizi geliştirmemiz gerekmektedir. Gelişmiş dünya ülkeleri arasındaki yerimizi almak için 2023 hedefleri doğrultusunda, Ülke olarak tüm kaynaklarımızı en verimli bir şekilde kullanarak, çevreye duyarlı, sürdürülebilir yeri teknolojiler geliştirmemiz gerekmektedir.

Türkiye son 10 yılda, dünyada doğalgaz ve elektrik talebinin Çin'den sonra en fazla arttığı ülke konumundadır. Ülkemizin önumüzdeki dönemde de enerji talebi artışı bakımından dünyanın en dinamik ekonomilerinden biri olmaya devam etmesi beklenmektedir. Ülkemizin enerji talebinin yaklaşık %74'ü yabancı kaynaklardan karşılanmaktadır. Bu durum yenilenebilir enerji kaynaklarından ciddi oranda yararlanması gerektiği hususunu gözler önüne sermektedir. Önümüzde sürdürülebilir yerli enerji kaynaklarının kullanılması için atılması gereken büyük adımlar vardır. Bu kapsamında Üniversitemizde örnek olabileceğini düşündüğümüz bir fizibilite çalışması yapıldı. Çalışma kapsamında sadece tip fakültesi bina çatı durumu incelendi ve mevcut çatının üzerine 1.2 MW kurulu güç sahip bir güneş enerjisi santralinin kurulabileceği tespit edildi.

Bu çalışmaya yıllık 1,800,000 kWh enerji üretilebileceği ve bu enerjinin üniversitemiz bütçesine yıllık 720,000 TL katkı sağlayacağı hesaplanmıştır. Proje geri dönüşü ise 6 yıl olarak öngörülmüştür.

Uluslararası Enerji ve Mühendislik konferansının Gaziantep sanayisi ile akademisyenleri ortak bir platformda buluşturarak bu tip projelere kapılar aralamasını diliyorum.

Konferansımız Mavera Kongre ve Sanat Merkezi'nde bulunan 4 farklı salonda, toplam 20 oturumda yapılmış olup, 500'e yakın katılımcı hocamız 225 akademik bildiri sunmuştur.

Konferansın gerçekleşmesinde emeği geçen herkese, özellikle ev sahibi Gaziantep Üniversitesi yöneticilerine, konferansın ta en başından beri sunduğu bütün imkanlar ve teşvik edici yardımlar için Sayın Rektörümüz Prof. Dr. Ali GÜR'e, Rektör yardımcıları Prof. Dr. Metin BEDİR'e, Mühendislik fakültesi dekanımız Sayın Prof. Dr. Mustafa



GÜNAL'a, Organizasyonda emeği geçen Y.Doç.Dr. Nihat ATMACA'ya, Y.Doç.Dr. Serap ÇELİK ve Y.Doç.Dr. Fatih BALCI'ya, destekleyen SANKO Enerji, Büyükşehir Belediyesi, Gaziantep Ticaret Odası, Austrotherm ve Limitsiz Enerji firmasına, bildiri sunan bütün akademisyenlere, ve matbaasından ağaç işlerine emeği geçen herkese, Yürütme Kurulu adına teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Organizasyon Komitesi Başkanı  
Y.Doç.Dr. Adem ATMACA

Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü  
Gaziantep Üniversitesi

Ekim 2017



## TABLE OF CONTENTS

ÖNSÖZ.....	9
REDUCING ENVIRONMENTAL EFFECTS AND ENHANCING DESIGN CAPABILITIES OF ARCHITECTURAL STRUCTURES BY USING WASTE POLYPROPYLENE.....	24
THE SUSTAINABILITY OF RECYCLED AGGREGATE.....	25
EVALUATION OF SUB-SYSTEMS IN INTELLIGENT BUILDINGS: KİLİŞ 7 ARALIK UNIVERSITY CENTER PLACE BUILDINGS .....	26
AKILLI BİNALARDA BULUNAN ALT SİSTEMLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ: KİLİŞ 7 ARALIK ÜNİVERSİTESİ MERKEZ YERLEŞKESİ BİNALARI.....	27
INVESTIGATION ON THE OF NATURAL STONES USED AS THE BUILDING MATERIALS AND THE SECTOR PROBLEMS IN MARDİN REGION.....	28
RESEARCH ON THE DETERMINATION AND PROTECTION OF MATERIAL PROPERTIES OF KAYSERİ HISTORICAL STRUCTURES.....	37
THE EFFECTS OF NATURAL POZZOLANES ON SUSTAINABLE CEMENT PRODUCTION .....	49
THE USE OF RECYCLED WASTE IN GAZIANTEP .....	57
AN INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN DROUGHT AND ECOLOGY IN BARAK PLAIN .....	59
INVESTIGATION OF THE EFFECT OF COCOA ON BOZA .....	61
A RESEARCH ABOUT DETERMINATION OF VINEGAR FROM WHEY POWDER	62
FUNCTIONAL YOGHURT PRODUCTION .....	63
FACTORS THAT INFLUENCE THE PREPERATION OF ANTICORROSIVE PAINTS .....	64
ASSESSMENT OF ENERGY MANAGEMENT IN FEED PLANTS: A REVIEW OF NECESSITY AND OBJECTIVE.....	72
ELECTROCHEMICAL AND STRUCTURAL STUDY OF ZN-CU COATED LOW CARBON STEEL FROM PYROPHOSPHATE ELECTROLYTE: THE EFFECT OF PH .....	76
CHARACTERISATION OF CO-CO(OH) <sub>2</sub> ELECTRODES ON CARBON STEEL FOR CORROSION RESISTIVITY .....	77
OPTIMIZATION OF POLYPYRROLE ELECTRODE ON GRAHITE SUBSTRATE FOR SUPERCAPACITOR APPLICATIONS .....	79
CORROSION CHARACTERISTICS OF BORON CARBIDE AND BORAX REINFORCED ALIMINIUM MATRIX COMPOSITES .....	81



DRYING SHRINKAGE AND COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE WITH NANO-SILICA .....	83
USE OF SEWAGE SLUDGE ASH IN SOIL IMPROVEMENT.....	84
APHIDS SPECIES IN WHEAT FIELDS IN DIYARBAKIR PROVINCE, TURKEY ....	90
POSSIBLE EFFECTS OF GLOBAL WARMING ON INSECTS.....	91
EFFECTS OF PLANT EXTRACTS OF BAKAYAN TREE ( <i>MELIA AZADIRACHTA L.</i> ) ON COTTON APHID, <i>APHIS GOSSYPII</i> GLOVER (HEMIPTERA: APHIDIDAE).....	92
PTS BASED ON REAL-CODED SIMULATED ANNEALING ALGORITHM FOR PAPR REDUCTION IN OFDM SYSTEMS .....	93
CALCULATION of SOLAR HEAT GAIN FACTOR VALUES FOR GAZİANTEP ....	101
TOGUCHI IN AUTOMOTIVE COMPONENT DESIGN: GEOMETRY EFFECTS ON SPECIFIC ENERGY ABSORBTION RATIO OF GFRP RODS .....	112
FOR POROSITY ELIMINATION DURING MANUFACTURING OF TIRE CURING MOLD, MOLDING DESING AND PROTOTYPE MANUFACTURING .....	119
ENERGY EFFICIENCY ANALYSIS OF AN AUTOMOBILE ASSEMBLY PLANT..	127
THE ANALYSIS OF MUTUAL INDUCTANCE IN DIRECT AND ALTERNATIVE CURRENT .....	128
INVESTIGATION OF EFFECT OF INTERMEDIATE SILL ON LOCAL SCOURING AT THE END OF STILLING BASIN.....	130
MECHANICAL MODELLING OF WIND TURBINES .....	131
THE EFFECT OF WINDOW ALTERNATIVES ON ENERGY CONSUMPTION AND LIFE CYCLE COST IN MODERATE-HUMID CLIMATE REGIONS IN RESIDENTIAL BUILDINGS.....	139
THE TIME OF THE FLY ASH GRINDING EFFECT ON SHORT AND LONG TERM COMPRESSIVE STRENGTH.....	156
ECOLOGICAL SUSTAINABILITY IN TEXTILE INDUSTRY .....	157
ACCOUNTING PRACTICES IN TURKEY'S RENEWABLE ENERGY SECTOR UNDER TFRS .....	159
DESIGN OF MULTIBAND ANTENNAS LOADED WITH ARRAYS OF CSRR AND CIRCULAR HEAD DUMBBELL STRUCTURE .....	167
A NUMERICAL INVESTIGATION OF (PEMFC) SYSTEM .....	179
OPTIMIZATION OF TILT ANGLE FOR SOLAR PANEL .....	180
INVESTIGATION OF CHANGE OF BATMAN AIR QUALITY WITH USING NATURAL GAS .....	188
INTERWIEV OF THE SOFT SWITCHING TECHNIQUES FOR INVERTERS .....	194



COMPARATIVE ANALYSES OF GAS LIQUEFACTION CYCLES: ENERGY AND COST .....	204
EXPERIMENTAL SECOND LAW ANALYSIS OF A GAS TURBINE .....	218
AERODYNAMIC ANALYSIS OF A RC AIRPLANE .....	219
LIFE CYCLE ASSEMENT OF A 3 MW WIND TURBINE LOCATED ON THREE DIFFERENT REGIONS IN TURKEY .....	228
INVESTIGATION OF CHANGES IN SOME QUALITY CRITERIA WITH STORING OLIVE OIL PROCESS STAGES .....	237
EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF HEAT TRANSFER IN A RECTANGULAR CHANNEL WITH DIFFERENT PIN-FIN .....	244
ENERGY SAVING BY USING SLAGS AS RAW MATERIAL IN NEW PAVEMENT DESIGNS .....	245
ADSORPTION OF METHYLENE BLUE DYE FROM AQUEOUS SOLUTION ON URFA STONE: ADSORPTION KINETICS, EQUILIBRIUM, THERMODYNAMICS AND MECHANISM .....	253
WIND TURBINE CONCEPTS AND GENERATOR TOPOLOGIES FOR WIND ENERGY CONVERSION SYSTEMS .....	255
USE OF GEOTHERMAL WATER OBTAINED FROM DIFFERENT RESOURCES IN THE PRODUCTION OF <i>SPIRULINA (ARTHROSPIRA PLATENSIS)</i> .....	262
SANDWICH FABRICS AS INDUSTRIAL TEXTILE PRODUCT .....	265
EFFECT OF MATERIAL AND PRODUCTION TECHNOLOGY ON PRODUCT .....	267
THE PLACE OF THREE DIMENSIONAL (3D) BODY SCANNING SYSTEMS IN TURKEY'S TEXTILE INDUSTRY .....	269
BIO INSPIRED TEXTILE DESIGN .....	271
SEA WATER RESISTANCE OF FLY ASH- AND SLAG-BASED GEOPOLYMER CONCRETE .....	273
SHORT TERM DURABILITY OF NANO-SILICA-MODIFIED FLY ASH-BASED GEO-POLYMER CONCRETE EXPOSED TO SEA WATER .....	279
DEVELOPMENT OF RENEWABLE ENERGY CIRCUIT COMPONENT .....	285
MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF ALUMINUM BASED ALLOYS .....	290
STRUCTURAL, THERMAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF Al <sub>85</sub> Ni <sub>7,5</sub> Cu <sub>7,5</sub> ALLOY PRODUCTION BY ARC MELTING .....	291
MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF AlMgTiB ALLOYS ..	293
CRYSTALLINE SILICON SOLAR CELLS ENERGY PERFORMANCE ENHANCEMENT BY USING PHOSPHORS .....	295



GENERATING ELECTRICAL ENERGY BY USING AIR FLOW OCCURRENCE ON VERTICAL WIND TURBINES IN UNDERGROUND METROS; A CASE STUDY IN LONDON .....	296
INVESTIGATION OF INDUCTION MOTOR ROTOR VOLTAGE AND FREQUENCY BY THE SLIP CHANGE.....	310
INDICATION OF THE EFFECT OF COMPENSATION IN ELECTRICAL EDUCATION.....	312
DETERMINING ENERGY DISSIPATION OF A PIEZOELECTRIC ACTUATOR USING DIGITAL MEASUREMENT SYSTEM .....	313
AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE DETERMINATION OF THERMAL CONDUCTIVITY, HEAT CAPACITY AND THERMAL DIFFUSIVITY OF A POROUS METAL FOAM.....	323
THERMAL CHARACTERIZATION OF THE POROUS COPPER FOAM SAMPLES	329
PHARMACOPHORE MODELING FOR DESIGN OF MULTI-TARGET CAs INHIBITORS .....	336
EFFECT OF ARTIFICIAL AGING ENVIRONMENT ON MECHANICAL PROPERTIES OF COMPOSITE MATERIALS .....	339
DESIGN OF WIRELESS PATIENT MONITOR .....	340
SUSTAINABLE DESIGN OF COMMERCIAL BUILDINGS .....	350
ON THE ENERGY STORAGE SITES FOR NATURAL GAS: AN OVERVIEW FOR TURKISH CASE AND REGULATION .....	351
INVESTIGATION OF PERFORMANCE OF STITCHING AND TEARING STRENGTH OF POLYPROPYLENE WOVEN FABRICS .....	372
PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF WHEY OBTAINED FROM WHITE CHEESE, KASHAR CHEESE AND TULUM CHEESE.....	385
REMOVAL OF HAZARDOUS DYES BY USING <i>MORINGA OLEIFERA</i> SEEDS ....	395
THE COMPARISON OF THE PERFORMANCE OF FUEL OIL AND DIESEL EQUIPPED EQUIPMENTS IN THERMAL POWER PLANT IN TRNC BY USING EXERGY ANALYSIS .....	414
INVESTIGATION OF ENERGY QUALITY IN OPEN-END YARN FACILITIES .....	434
INDUSTRIAL APPLICATIONS HIGH CURRENT SOLID STATE RELAY DESIGN AND PRODUCTION FOR DIRECT CURRENT INDUCTIVE SWITCHING.....	436
PRODUCTION OF POROUS Ti-6Al-XFe ALLOY BY POWDER METALLURGY METHOD, INVESTIGATION OF THE MECHANICAL AND TRIBOLOGICAL PROPERTIES.....	438
WIND AND SOLAR ENERGY EFFICIENT ARCHITECTURAL DESIGNS AND ENERGY SAVING COMPATIBLE CITY PLANNING.....	439



APPLICATION OF SOUS- VIDE TECHNOLOGY ON ZUCCHINI AND EGGPLANT .....	441
PRODUCTION of ETHYLIC BIODIESEL FROM WASTE FRYING OIL.....	442
INVESTIGATION OF THE SUCCESS OF PID AND FUZZY TYPE INSPECTION METHODS IN SPEED CONTROL OF SHUNT EXCITED DC MOTOR .....	451
EFFECT OF STIFFENERS ON STRUCTURAL BEHAVIOR OF STEEL LIQUIDS TANK .....	462
EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF HEAT TRANSFER AND DEVELOPMENT OF TUBE SIDE HEAT TRANSFER CORRELATION IN A MINI-CHANNEL SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER.....	473
THE THEORETICAL STUDY OF A NEW COMPOSITE MATERIAL VIBRATION FOR WIND TURBINE BLADE.....	486
TRAINING OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS WITH AMOEBA OPTIMIZATION ALGORITHM: NUMBER RECOGNITION IMPLEMENTATION .	487
A NUMERICAL INVESTIGATION OF (PEMFC) SYSTEM .....	488
MODELLING OF VELOCITY PROFILE AND PRESSURE DROP OF FLOWING WATER BASED NANOFLUIDS AND PURE WATER IN THE MICROCHANNELS WITH CFD .....	489
MODELLING OF COOLING LOAD WITH CFD ACCORDING TO ETHYLENE GLYCOL + PURE WATER BY USING NANOFLUID IN THE AUTOMOBILE RADIATORS .....	498
ENERGY EFFICIENCY STUDIES IN THE PRODUCTION OF THE CERAMIC TILE MATERIALS IN TURKEY .....	514
ENERGY EFFICIENCY STUDIES IN CERAMIC SANITARY WARE INDUSTRY IN TURKEY .....	515
RENEWABLE ENERGY SOURCES GENERAL STATUS AND ASSESSMENT OF CO <sub>2</sub> EMISSION IN TURKEY .....	516
DESIGNING A DISTRICT HEATING SYSTEM BY DETERMINING THE WASTE HEAT OF A BIOGAS POWER PLANT.....	534
DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AUTOMATION SYSTEM FOR WATER LEAKAGE TEST IN VEHICLES .....	535
REHABILITATION OF HIGH STRENGTH REINFORCED CONCRETE CORBELS USING BASALT FIBER FABRIC.....	536
RESULT REPORT OF PROJECT DRINKING, HOUSEHOLD AND INDUSTRIAL WATER DEMAND ASSESSMENT OF KİLİS PROVINCE .....	547
THE ANALYSIS OF TAŞKÖPRÜ WHICH IS LOCATED IN PROVINCE OF ADANA FROM THE POINT OF TODAY'S ENGINEERING CRITERIA .....	548



URBANISATION IN TURKEY WITH A CASE OF ŞANLIURFA PROVINCE.....	549
WATER MANAGEMENT IN TURKEY WITH A CASE STUDY OF GAZİANTEP PROVINCE .....	550
EXAMINATION OF RISK FACTORS IN TURKEY HIGHWAYS BY THE EXAMPLE OF GAZİANTEP-KİLİŞ PROVINCES .....	551
PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF ACTIVATED CARBON FROM WOODY BIOMASS BY CHEMICAL ACTIVATION .....	552
TECHNO-ECONOMIC ANALYSIS OF HORIZONTAL GROUND SOURCE HEAT PUMP IN TURKEY; SIMAV CASE STUDY .....	553
COMPARISON OF TWO DIFFERENT ALGORITHM MODELS WITH SOLUTION OF WIND FARM LAYOUT OPTIMIZATION PROBLEM .....	566
AS AN ENERGY OPTIONS: WATER RESOURCES DEVELOPMENT IN TURKEY	576
PRODUCTION OF SUSTAINABLE ENERGY VIA INTEGRATION OF DIRECT BOROHYDRIDE .....	588
MICROALGAL BIODIESEL AND PRODUCTION .....	589
TECHNO-ECONOMIC ANALYSIS OF SOLAR ENERGY POTENTIAL OF AEGEAN REGION OF TURKEY .....	590
EMPIRICAL MODELING, CONTROL, AND OPTIMIZATION OF CHEMICAL PROCESSES .....	602
EVALUATION OF WEAR BEHAVIOUR OF COMPOSITE MATERIALS UNDER DIFFERENT CHEWING LOADING .....	634
INVESTIGATION OF EARLY AGE ABRASION EROSION OF SELF COMPACTING CONCRETE .....	642
EXERGY ANALYSIS OF A 1 MW SOLAR POWER PLANT FOR DIFFERENT LOCATIONS; TURKEY CASE STUDY.....	651
INVESTIGATION OF THE FRACTURE ENERGY OF CONCRETE STRENGTHENED BY NYLON-MONOFILAMENT AND STEEL FIBER .....	659
RELATIONSHIP BETWEEN ENERGY CONSUMPTION AND FINANCIAL DEVELOPMENT IN OECD COUNTRIES: PANEL CAUSALITY ANALYSIS.....	667
INTELLIGENT ENERGY MANAGEMENT SYSTEMS IN HEALTH CARE INSTITUTIONS: PRIORITIES AND ACHIEVEMENTS .....	682
A VIBROACOUSTIC STUDY ON WOVEN COMPOSITE PLATES IN THERMAL ENVIROMENTS .....	684
EVALUATION OF A MEDICINAL AROMATIC PLANT WASTE FOR WASTEWATER BIOTREATMENT .....	693
AN ALTERNATIVE METHOD FOR THE SUN DRYING OF TRADITIONAL DRIED EGGPLANT .....	694



EXAMINATION OF KILIS 7 ARALIK UNIVERSITY CENTRAL CAMPUS WATER CONSUMPTION .....	700
THE IMPORTANCE OF WATER RESOURCES MANAGEMENT ON GAZİANTEP SAMPLING.....	701
HIGHWAY FEASIBILITY REPORT: A CASE STUDY FROM MARDİN-KIZILTEPE HIGHWAY.....	702
THE PROBLEMS OF NATURAL HAZARDS OCCURRED IN URBAN CONSTRUCTIONS WITHIN KİLİŞ SAMPLE .....	703
DETERMINING THE PRECIPITATION MAP OF TURKEY BY USING KRIGING AND IDW METHODS .....	704
MEANS FOR STORING ENERGY AND THEIR THERMO-ECONOMIC COMPARISON.....	712
A TEST AND ILLUSTRATION CHAMBER FOR RENEWABLES: DESIGN AND APPLICATION.....	722
FACILITY LOCATION SELECTION PROBLEM: AN APPLICATION.....	731
SWITCHING SURFACE DESIGN METHODS FOR SLIDING MODE CONTROL OF UNCERTAIN SYSTEMS .....	741
AUTOMATION SYSTEM DESIGN FOR ENERGY EFFICIENCY IN LIGHTING APPLICATIONS.....	749
MANUFACTURING AND EXPERIMENTING A VERTICAL WIND TURBINE WITH MOVABLE BLADES .....	759
INVESTIGATION OF ENERGY AND EXERGY EFFICIENCY OF PEM FUEL CELL AT DIFFERENT OPERATING CONDITIONS .....	769
PERFORMANCE ANALYSIS OF MONOCRYSTALLINE POLYCRYSTALLINE, AMORPHOUS SILICON FOTOVOLTAIK PANELS IN DÜZCE .....	781
EFFECT OF TUNCELİ GARLIC ( <i>Allium tuncelianum</i> ) ON CETYLCHOLINESTERASE (AChE) ENZYME ACTIVITY IN <i>Cyprinus carpio</i> EXPOSED TO CHLORPYRIFOS	782
MONITORING NETWORK RESOURCES IN SOFTWARE DEFINED NETWORKING (SDN) ENVIRONMENT .....	783
DESIGN AND IMPLEMENTATION OF SMART CAR SECURITY AND TRACKING SYSTEM BY USING GSM AND GPS MODELS .....	794
IMPORTANCE OF SOLAR ENERGY FOR OUR COUNTRY AND ITS AVAILABLE POTENTIAL .....	803
EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE EFFECT OF SCREW PRODUCTION METHOD ON MECHANICAL RESISTANCE IN DIFFERENT MATERIALS .....	804



PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF POLY(VINYL ALCOHOL)/BORON MINERAL (PVA/BM) COMPOSITE MATERIAL TO BE USED IN SOLAR ENERGY CONVERSION AND STORAGE.....	818
SOME PHYSICOCHEMICAL AND SENSORY PROPERTIES OF ICE CREAM SAMPLES PRODUCED BY DIFFERENT MILK TYPES WITH DIFFERENT AMOUNTS .....	820
HOW COULD PROBLEMS ENCOUNTERED DURING FILE TRANSFER IN BUILDING INFORMATION MODELLING BE SOLVED? .....	826
A REVIEW OF ENVIRONMENTAL HAZARDS OF MINING WASTE IN THE WORLDWIDE.....	827
NEW GENERATION PRODUCTION TECHNOLOGY/ 3D PRINTER .....	831
IRON (FE) AND MANGANESE (MN) REMOVAL FROM BİNGÖL MUNICIPAL LANDFILL LEACHATE BY USING <i>PHANEROCHAETE CHRYSOSPORIUM</i> UNDER STATIC LIQUID CULTURE CONDITIONS.....	832
NON-ENZYMATIC ANTIOXIDANT RESPONSE OF <i>GAMMARUS PULEX</i> TO MALACHITE GREEN DECOLORIZED WITH <i>CORIOLUS VERSIVOLOR</i> UNDER BATCH ADSORPTION CONDITIONS OPTIMIZED BY RESPONSE SURFACE METHODOLOGY .....	833
A CFD INVESTIGATION OF THE FIRE INDUCED SMOKE FLOW BEHAVIOR IN A COMPARTMENT FIRE CASE.....	835
NEW SENSE OF EDUCATION IN MECHANICAL ENGINEERING: MOVABLE TEST BENCHES .....	836
ENERGY HARVESTING APPLICATIONS IN AUTOMOBILE TIRES .....	837
A COMPERATIVE STUDY: MISSING VALUE ESTIMATION METHODS WITH CLASSIFICATION BY k-NN ALGORITHM .....	838
AN EXPERIMENTAL STUDY ON COMPOSITE SLABS WITH PROFILED STEEL SHEETS AND STEEL FIBER REINFORCED CONCRETE .....	839
THREE-DIMENSIONAL NUMERICAL INVESTIGATION OF COMBUSTION IN PELLET FUELLED BOILERS AT VARIOUS LOADING CONDITIONS .....	862
OPEN SOURCE VIRTUALIZATION A UNIVERSITY CASE: GAZIANTEP UNIVERSITY .....	872
ENHANCEMENT OF FLAT PLATE SOLAR STORAGE COLLECTORS BY OPTIMIZATION OF DIAMETERS AND GEOMETRY IN IRAQ-BAGHDAD .....	882
IMAGE PROCESSING FOR CLASSIFICATION OF EGGS .....	894
ANT COLONY OPTIMIZATION TO SOLVE TWO-DIMENSIONAL CUTTING PLANE PROBLEMS .....	895
BIOACCUMULATOR OF COPPER IN PLANTS GROWN NATURALLY AROUND AND IN DELICE-TERZILI (YOZGAT- YERKOY), TURKEY .....	896



ACCUMULATION OF LEAD- ZINC OF <i>G. ACUTIDENTATUM</i> , <i>J. FRUTICANS</i> AND <i>E. SMYRNAEUM</i> PLANTS GROWN NATURALLY IN THE GORGU VILLAGE (MALATYA -YESİLYURT), TURKEY .....	911
EFFECT OF GRAPHENE NANO-PLATELETS ON IMPACT PROPERTIES OF CARBON-KEVLAR COMPOSITES .....	924
EFFECT OF GRAPHENE NANO-PLATELETS ON IMPACT PROPERTIES OF CARBON-GLASS COMPOSITES .....	937
EFFECT OF JUTE FIBER HYBRIDIZATION ON IMPACT RESPONSE OF GLASS FIBER/ EPOXY COMPOSITE LAMINATES .....	949
EVALUATION OF NANO CLAY REINFORCED SINGLE LAP SHEAR JOINTS OF COMPOSITES .....	962
ANALYSIS OF THERMAL TRANSPORT THROUGH A FLAT-PLATE SOLAR COLLECTOR INTEGRATED WITH METAL-FOAM BLOCKS .....	971
EFFECT OF STEAM CURING BY SOLAR ENERGY ON THE MECHANICAL STRENGTH AND DURABILITY OF CONCRETES .....	991
REVIEW OF HEAT TRANSFER ENHANCEMENT USING CORRUGATED CHANNEL .....	1002
TOWARDS A NEW METHOD TO ENHANCE THE CHANNEL HEAT TRANSFER RATE USING A ROTATING THIN STRAIGHT ROD .....	1003
ELECTRICAL POWER CALCULATION OF A LOW BYPASS AERO DERIVATIVE TURBOFAN ENGINE.....	1004
ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF <i>Chrysocamela noeana</i> .....	1005
EVALUATION OF ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF DIFFERENT EXTRACTS FROM <i>Chrysocamela velutina</i> AGAINST SOME HUMAN PATHOGENIC BACTERIA .....	1006
PV MODULED TRAINING SET DESIGN FOR ENGINEERING .....	1007
THE COD REMOVAL FROM SYNTHETIC MALATHION SOLUTIONS BY <i>ARMILLARIA TABESCENS</i> UNDER SUBMERGED CULTURE CONDITIONS .....	1009
POLYETHYLENE TEREFATALATE (PET) POLYMER WASTE RECOVERY, POLYESTER FIBER PRODUCTION AND ENERGY CONSERVATION .....	1010
PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF CONDUCTIVE POLIANILINE/POLYACRYLIC ACID (PANI/PAA) COPOLYMER MATERIALS FOR SOLAR ENERGY PRODUCTION .....	1012
OVERVIEW OF WIND TURBINE TECHNOLOGY AND DEVELOPMENTS IN TURKEY .....	1014
FUEL PRODUCTION IN EURO 5 QUALITY WITH PYROLYSIS METHOD .....	1036



ADSORPTION OF METHYLENE BLUE ON <i>Agaricus campestris</i> FROM AQUES SOLUTION .....	1038
RANGE OF COLIFORM BACTERIA IN GOLDEN HORNE SURFACE WATER AND EFFECT OF ENVIRONMENTAL FACTORS .....	1040
DETERMINATION OF THE DISTRIBUTION OF <i>Escherichia coli</i> WITH COLILERT TEST METHOD IN GOLDEN HORN SURFACE WATER .....	1042
A QUALITY COMPARISON BETWEEN IMAGE SECURING METHODS USING GUI .....	1044
APPLICATION OF RESPONSE SURFACE METHODOLOGY TO MALACHITE GREEN REMOVAL FROM WASTEWATER USING <i>CORIOLUS VERSICOLOR</i> ...	1053
SAUDI ARAMCO ENERGY MANAGEMENT PROGRAM - DEVELOPMENT & IMPLEMENTATION .....	1054
EARTHQUAKE ANALYSIS OF 12-STORY BUILDING CONSIDERING BUILT ON THREE TYPE OF SOIL INCLUDE EFFECT OF SOIL STRUCTURE INTERACTION .....	1055
ECO-FRIENDLY REMOVAL OF TEXTILE DYE FROM AQUEOUS SOLUTION WITH LOW COST AGRICULTURAL BY-PRODUCT.....	1073
THE BIOREMEDIATION PERFORMANCE OF SOME SOIL FUNGI ON HERBICIDE ACETOCHLOR .....	1074
CONTRIBUTION OF EXTERNALLY BONDED CFRP TO THE SHEAR CAPACITY OF RC BEAMS .....	1076
THE IMMOBILIZATION OF SULFAMETHAZINE ON LANGERMANNIA GIGANTEAN and EXPLORING OF ADSORPTION MODELS .....	1087
PERFORMANCE ANALYSIS OF FEATURE EXTRACTION METHODS IN SPEAKER RECOGNITION .....	1090
PERFORMANCE ANALYSIS OF MACHINE LEARNING METHODS IN SPEAKER RECOGNITION TASK BY USING LINEAR PREDICTIVE CODING METHOD ....	1100
EXTRACTION KINETICS OF GROUNDNUT SEEDS DURING VEGAN MILK PRODUCTION .....	1112
SIZE EFFECT ON PUNCHING SHEAR BEHAVIOR OF SLAB-COLUMN ASSEMBLY MADE FROM ENGINEERING CEMENTITIOUS COMPOSITE MATERIALS WITH POLYVINYL ALCOHOL FIBERS .....	1113
RESPONSE OF STEEL FIBER CONCRETE HOLLOW BEAMS UNDER FOUR POINTS TEST.....	1122
EFFECT OF CHEMICAL COMPOSITION AND HEAT TREATMENT ON THE DEGRADATION OF MANGANESE STEELS .....	1133
PERFORMANCE AND EMISSION ANALYSIS OF ETHANOL AND ISOPROPANOL AS ADDITIVES WITH DIESEL FUEL IN A CRDI DIESEL ENGINE .....	1134



NUMERICAL MODEL FOR PREDICTING THERMAL DAMAGE DURING LASER-IRRADIATED TISSUE .....	1144
A STUDY ON THE IMPROVEMENT OF SOLAR PV PANEL EFFICIENCY AND POWER OUTPUT .....	1145
ANTIOXIDANT RESPONSE IN <i>GAMMARUS PULEX</i> AFTER EXPOSURE TO SECONDARY EFFLUENT FROM MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT PLANT, TUNCELI, TURKEY .....	1153
GLUTATHIONE AND MALONDIALDEHYDE LEVELS IN <i>GAMMARUS PULEX</i> AFTER EXPOSURE TO SECONDARY EFFLUENT FROM TUNCELI MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT PLANT .....	1154
INDUSTRIAL WATER TREATMENT REVERSE OSMOSIS AUTOMATION .....	1156
ENZYMATIC ANTIOXIDANT BIOMARKERS IN <i>GAMMARUS PULEX</i> TO ASSESS THE ABILITY OF ELECTROCOAGULATION PROCESS IN LANDFILL LEACHATE TREATMENT .....	1166
ENERGY DEMAND FORECAST OF TURKEY BY GRAVITATIONAL SEARCH ALGORITHM .....	1167
THE INVESTIGATION of MUNICIPAL SOLID WASTE POTENTIAL of EASTERN ANATOLIAN REGION .....	1176
THE EFFECT OF NANOCLAY ON DAMPING AND VIBRATION CHARACTERISTICS OF GLASS/EPOXY FIBER REINFORCEMENT COMPOSITE LAMINATES .....	1177
INVESTIGATION OF ACCUMULATION CAPACITIES OF <i>Lemna minor</i> L. AND <i>Lemna gibba</i> L. TO REMOVE SOME MICRONUTRIENTS IN WASTEWATERS...	1184
THE ABILITY OF AQUATIC PLANTS ( <i>Lemna gibba</i> L. ve <i>Lemna minor</i> L.) TO ACCUMULATE MACRONUTRIENTS .....	1186
AN ALTERNATIVE ENERGY RESOURCE FOR CHICKEN FARMS: CHICKEN FERTILIZER.....	1188
NUMERICAL STUDY OF NATURAL CONVECTION AND ENTROPY GENERATION IN AN OPEN ENCLOSURE WITH PARTITIONS.....	1190
DESIGN AND MANUFACTURE OF VERTICAL WIND TURBINE WITH MOVING BLADES.....	1199
EVALUATION OF NANO CLAY REINFORCED SINGLE LAP JOINT OF COMPOSITES .....	1200
AN ANALYSIS OF A MANUFACTURING COMPANY TO TRANSFORM INTO INDUSTRY_4.0 USING SYSTEMS ENGINEERING APPROACH .....	1201
ELECTROMAGNETIC SHIELDING PERFORMANCE STUDY OF GRAPHENE BASED STRUCTURES .....	1213



DEVELOPMENT OF REMOTE CONTROLLABLE POWER STRIP FOR HOME ENERGY MANAGEMENT THROUGH WEB-SERVICES .....	1215
ASİMETRİK GEZGİN SATICI PROBLEMİNİN GENETİK ALGORİTMA YARDIMIYLA ÇÖZÜMÜ .....	1222
INVESTIGATION OF REMOVAL OF TETRACYCLINE FROM AQUEOUS SOLUTION BY <i>Lemna gibba</i> L. ....	1223
INVESTIGATION OF Pb AND NI CONCENTRATIONS IN DOWNSTREAM OF UZUNÇAYIR DAM LAKE (TUNCELİ).....	1225
DETERMINATION OF TETRACYCLINE AND DEGRADATION PRODUCTS IN THE WASTEWATER SAMPLES SPE APPLIED AND UNAPPLIED .....	1227
EFFECT OF GRAPHENE NANO-PLATELETS ON IMPACT PROPERTIES OF CARBON-GLASS HYBRID COMPOSITES .....	1229
EFFECT OF GRAPHENE NANO-PLATELETS ON IMPACT PROPERTIES OF CARBON-KEVLAR HYBRID COMPOSITES.....	1230
WHEAT PURCHASE CRITERIAS OF SOIL CROPS OFFICE (TMO) IN TURKEY AND EXAMINATION OF ITS SUITABILITY .....	1231
COMPARISON OF TRANSGlutaminase AND L-ASCORBIC ACID ADDITIVES IN IMPROVING QUALITY OF BREAD MADE FROM SUNN PEST ( <i>Eurygaster integriceps</i> ) DAMAGED WHEAT .....	1232
COMPARISON OF AISC 360 – 16 AND EC4 FOR THE PREDICTION OF COMPOSITE COLUMN CAPACITY .....	1233
ANALYSIS METHODS in MOLECULAR COMMUNICATION via DIFFUSION ...	1251
FPGA BASED ANALYSIS METHODS in TL and OSL STUDIES .....	1252
BIFURCATION PHENOMENA OF NATURAL CONVECTION IN DIFFERENTIALLY SYMMETRIC HEATED SQUARE ENCLOSURE.....	1253
THERMAL ANALYSIS OF THE MULTI-TASKED PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MACHINE .....	1254

## **FULL PAPERS, ABSTRACTS & POSTERS**



## **REDUCING ENVIRONMENTAL EFFECTS AND ENHANCING DESIGN CAPABILITIES OF ARCHITECTURAL STRUCTURES BY USING WASTE POLYPROPYLENE**

**Adem ATMACA**

Department of Energy Systems Engineering, Gaziantep University, Gaziantep, TURKEY  
[aatmaca@gantep.edu.tr](mailto:aatmaca@gantep.edu.tr)

**Amani JNEID**

Department of Civil Engineering, Gaziantep University, Gaziantep, TURKEY  
[moonyarc@gmail.com](mailto:moonyarc@gmail.com)

**Nihat ATMACA**

Department of Civil Engineering, Gaziantep University, Gaziantep, TURKEY  
[atmaca@gantep.edu.tr](mailto:atmaca@gantep.edu.tr)

**ABSTRACT :** The concrete is made with wastes which are eco-friendly is called as Green concrete. Green concrete is a revolutionary topic in the history of concrete industry. Concrete is an environmental friendly material and the overall impact on the environment per ton of concrete is limited. The paper sheds light on the aspect on how to use a material such as POLYPOPYLENE (PP) as a construction material and benefit also in gaining a more flexibility in the architectural design. Polypropylene is the world's second-most widely produced synthetic plastic, after polyethylene (PP) is normally tough and flexible with low density, this allows polypropylene to be used as an engineering plastic, competing with materials such as acrylonitrile butadiene styrene (ABS) , with a Young's modulus between 1300 and 1800 N/mm<sup>2</sup>.The study presents the ability of the using a construction material by product materials like (PP). The use of PP contributes the reduction of greenhouse emissions with negative impacts on the economy. It had been observed that 0.9 tons of CO<sub>2</sub> is produced per ton of cement production procedure. Also, the composition of cement is 10% by weight in a cubic yard of concrete. However, by the use of green concrete it is possible to reduce the CO<sub>2</sub> emission in atmosphere and achieve an eco-friendly construction technique. To reduce the pollution and reuse the material, the present study is being carried out. Thus polyprolylene could be an excellent substituent of cement as it is cheaper, as it uses waste products, saving energy consumption in the production. Over and above (PP) has greater strength, fatigue resistance, and durability than the normal concrete.

**Key-words:** Polypropylene, Eco-Friendly Construction Material ,Enhancing design capability, Green buildings.



## THE SUSTAINABILITY OF RECYCLED AGGREGATE

Öğr. Gör. Mahmut AYTEKİN  
Kilis 7 Aralık Üniversitesi  
mahmutaytekin@kilis.edu.tr

Yrd. Doç. Dr. Hadaan PEHLİVAN  
Kilis 7 Aralık Üniversitesi  
hadaantaban@kilis.edu.tr

**ABSTRACT:** Recycling of construction wastes, which make up a significant part of solid waste, is one of the biggest environmental problems. Usage of waste materials as raw material; to prevent environmental pollution, to protect natural resources and to be economically sustainable. The choice of sustainable building materials in the construction sector has become extremely important. Considering the negative effects of the aggression used in the construction of concrete used in today's construction, the alternative materials researches are required. Initial work on the recovery of construction waste II. It began in the aftermath of World War II and has been widely used in aggregate in concrete in recent years. Recycling can also be considered as part of sustainable development at the same time. Sustainable development; economic growth and the level of prosperity by preserving the environment and the quality of life of all people on earth. Sustainable development is evaluated under two main headings as being human and environment-centered. He acknowledges that economic and social development as well as the protection of the natural environment are inseparable parts. As the amount of recovered aggregate used in Betonda increases, the mechanical mechanical values of the concrete decrease, shrinkage and creep deformations increase. For this reason, it is recommended to use it as a filling material during laying or construction on roads. Many states in the US have been obliged to use recycled concrete aggregates during construction. Regarding the recovered aggregate, it is seen that the studies done by the existing standards and regulations in our country are insufficient. The tectonic activity in the Anatolian plate between the North Anatolian Fault and the East Anatolian Fault in the Alp-Himalaya Earthquake Circle reveals the earthquake potential of our country. In August 17, 1999 Izmit-Adapazari earthquake, almost all of the wastes and construction wastes were poured into the sea and the concrete waste was almost never utilized during the reconstruction process. In the near future, it will be a real challenge to supply aggregate due to the increase of earthquake construction waste, rapid depletion of natural reserves and uneven urbanization. As a result, in order for sustainable development to take place, it is necessary to establish conditions for determining the use of concrete waste in construction work in our country and to make compulsory use of recycled aggregate in construction projects. Sustainable development can be achieved if environmental, economic and social sustainability is provided. For this reason, awareness must be given to the efficient use of renewable energy resources and the responsible nature of renewable energy sources instead of renewable energy sources.

**Key-words:** Sustainability, recycling, aggregate, concrete.



## EVALUATION OF SUB-SYSTEMS IN INTELLIGENT BUILDINGS: KİLİŞ 7 ARALIK UNIVERSITY CENTER PLACE BUILDINGS

Öğr. Gör. Mahmut AYTEKİN  
Kilis 7 Aralık Üniversitesi  
[mahmutaytekin@kilis.edu.tr](mailto:mahmutaytekin@kilis.edu.tr)

Yrd. Doç. Dr. Hadaan PEHLİVAN  
Kilis 7 Aralık Üniversitesi  
[hadaantaban@kilis.edu.tr](mailto:hadaantaban@kilis.edu.tr)

**ABSTRACT:** Human beings have always invented something new to make life easier. One of these inventions has become a building where a great part of human life has passed. The use of the concept of mind together with buildings, that is, the intelligent building term, was first seen in America. The first intelligent building is referred to as City Place Building in Hartford. The intelligent building definition by the Intelligent Building Institute in Washington is also referred to as "a building that enables efficient management of resources by coordinating and integrating various systems to maximize technical performance and flexibility in investment and handling costs". Inhabitants living in intelligent buildings provide various benefits. Some of those; safety, comfort, time and energy saving, mental and physical relaxation. Intelligent buildings need sub-systems to provide these benefits (ventilation, conditioning, lighting, power, fire, communication, vertical circulation, and building automation). The researches on the working principles of these systems, how they work and what they do, and their applications on KIYU central settlement buildings have been examined. As a result of the work done, the sub-systems of the buildings (MMF-İF-Rektörlük), which are located in the center of the KIYU center, have been examined. As a result of the examinations, it was determined that there were a lot of Intelligent Building Sub-systems of the buildings that were working. Sub-systems in the Faculty of Engineering and Architecture and the Faculty of Theology were found as 71.85% and 75.60% in the Rector's Office. Based on these results, it is observed that the three buildings are designed in close proximity to each other and that the Sub-Systems of Intelligent Buildings are used almost at the same time. In the study, Rector's Office Building was chosen as the building that houses the most sub-systems of intelligent buildings. However, the sub-system that gives the most negative scores in 3 units is security systems, and the system that gives the most positive points has been fire and warning systems. HVAC systems and security systems located in the buildings should be increased. As the sub-systems and features in buildings increase, the energy saving and productivity of the building will increase. Increasing the number of subsystems The most common problem during installation is the cost of installation in the first place, but over the years the sub-systems will amortise themselves and offer a more comfortable and productive life with energy savings. As a result, the buildings showing the Intelligent Building Features located in the center of KIYU are planned and constructed in a modern way, providing comfort and energy efficiency.



## AKILLI BİNALARDA BULUNAN ALT SİSTEMLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ: KİLİS 7 ARALIK ÜNİVERSİTESİ MERKEZ YERLEŞKESİ BİNALARI

Öğr. Gör. Mahmut AYTEKİN  
Kilis 7 Aralık Üniversitesi  
[mahmutaytekin@kilis.edu.tr](mailto:mahmutaytekin@kilis.edu.tr)

Yrd. Doç. Dr. Hadaan PEHLİVAN  
Kilis 7 Aralık Üniversitesi  
[hadaantaban@kilis.edu.tr](mailto:hadaantaban@kilis.edu.tr)

**ÖZET:** İnsanoğlu yaşamını kolaylaştmak için sürekli yeni bir şeyler icat etmiştir. Bu icatlardan biride insan yaşamının büyük bir bölümünün geçtiği binalar olmuştur. Akıl kavramının binalarla birlikte kullanılması yani Akıllı bina terimi ilk olarak Amerika da görülmüştür. İlk akıllı bina ise Hartfor'daki City Place Building olarak ifade edilmektedir. Washington'da ki Akıllı bina enstitüsü tarafından yapılan Akıllı bina tanımlaması da "yatırım ve işletme maliyetlerinde tasarrufu, teknik performansı ve esnekliği maksimum yapmak için değişik sistemleri entegre edilmiş, koordine bir şekilde çalışarak kaynakların etkili olarak yönetilmesini sağlayan bina" olarak belirtilmiştir. Akıllı binalar içerisinde yaşamakta olan insalara çeşitli yararlar sağlamaktadır. Bunlardan bazıları; güvenlik, konfor, zaman ve enerji tasarrufu, zihinsel ve fiziksel rahatlama gibi. Akıllı binalar bu yararları sağlamak için (havalandırma, iklimlendirme, aydınlatma, güç, yangın, iletişim, düşey sirkülasyon ve bina otomasyonu gibi) alt sistemlere ihtiyaç duyarlar. Bu sistemlerin çalışma prensipleri, nasıl çalışıkları ve ne işe yaradıkları hakkında yapılan araştırmalar ile KİYÜ merkez yerleşkesi binaları üzerindeki uygulamaları incelenmiştir.

Yapılan çalışma sonucunda KİYÜ merkez yerleşkesinde bulunan Akıllı Bina özelliği gösteren binaların (MMF-İF-Rektörlük) Alt sistemleri incelenmiştir. İncelemeler sonucunda çalışma yapılan binaların Akıllı Bina Alt Sistemlerinin birçoğunun bulunduğu saptanmıştır. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi ve İlahiyat Fakültesinde Alt Sistemler %71,85 oranında bulunurken Rektörlük Binasında %75,60 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara bakılarak 3 binanın da birbirine yakın özellikte tasarlandığı, Akıllı Binaların Alt Sistemlerini neredeyse aynı oranda kullandığı gözlemlenmektedir. Çalışmada Rektörlük Binası Akıllı Binaların Alt Sistemlerini en çok barındıran bina olarak seçilmiştir. Bununla birlikte 3 binada en fazla negatif puan veren alt sistem Güvenlik Sistemleri olurken en fazla pozitif puan veren sistem Yangın ve Uyarı Sistemleri olmuştur. Binalarda bulunan HVAC sistemleri ve Güvenlik Sistemleri arttırmalıdır. Binalarda ki Alt Sistemler ve özellikleri arttırıldıkça binanın enerji tasarrufu ve verimliliği artacaktır. Alt Sistemlerin artırılması yada kurulma aşamasında en çok karşılaşılan sorun kurulum masraflarının ilk zamanlarda çok olması ancak yıllar geçtikçe Alt Sistemler kendilerini amorti edecek ve enerji tasarrufıyla birlikte daha konforlu ve verimli bir yaşam sunacaktır. Sonuç olarak KİYÜ merkez yerleşkesinde bulunan Akıllı Bina Özelliği gösteren binalar modern bir şekilde planlanmış ve yapılmış olmakla birlikte konfor ve enerji verimliliği sağlamaktadır.



## INVESTIGATION ON THE OF NATURAL STONES USED AS THE BUILDING MATERIALS AND THE SECTOR PROBLEMS IN MARDİN REGION

Yrd. Doç. Dr. Hadaan PEHLİVAN  
Kilis 7 Aralık Üniversitesi  
[hadaantaban@kilis.edu.tr](mailto:hadaantaban@kilis.edu.tr)

Öğr. Gör. Mahmut AYTEKİN  
Kilis 7 Aralık Üniversitesi  
[mahmutaytekin@kilis.edu.tr](mailto:mahmutaytekin@kilis.edu.tr)

**ABSTRACT:** Natural stones are one of the oldest building materials known and used by people. People used natural stones in their various monumental structures, even when they reside in clay and wooded areas. Natural stones are readily available in nature to be used as building materials. It is only necessary to expend energy to remove and process stones. The demand for natural stone in the world is constantly increasing and the natural stone sector is becoming one of the most attractive sectors. In our country, natural stones are produced in almost every region. The most significant demonstration of Turkey's rich and rich natural stone reserves is the historical buildings around us. The most known and used rocks used as building stone are basalt, granite, andesite, sandstone, limestone, tuff, marble, slate and diabase. This study covers natural stones used as building materials in Mardin region. Known as Katori stone in Mardin province, limestone stone which is widely used in past and present constructions is composed of natural stones which are formed in the form of broad plains in the Midyat county and formed at depths of 50-600 meters. It is seen that the Mardin limestone stone is easy to digest and process and has a high humidity, whitish and yellow color. Since limestone has the property of hardening over time and the area is a building material which is very suitable for the climatic conditions, it has been widely used in constructions. These natural stones used in the construction reflect the cultural texture of the area and find common areas of use from past to present. These carbonated rocks, known as Midyat stones, are removed from the low plateau plains. Middle-Upper Eocene aged Midyat Formation forms the source of Midyat stone. As a result, in this study, it is aimed to make proposals about the future of natural stone used as building material in Mardin region, its processing, properties, usage of environment related to environment, evaluation of problems in the sector and future.

**Key words:** Natural stone, Mardin limestone, Midyat stone

## MARDİN YÖRESİNDE YAPI MALZEMESİ OLARAK KULLANILAN DOĞAL TAŞLAR VE SEKTİRDE YAŞANAN SORUNLARIN İNCELENMESİ

**ÖZET:** Doğal taşlar, insanlar tarafından bilinen ve kullanılan en eski yapı malzemelerinden birisidir. İnsanlar kil ve ahşaptan yapılmış yerlerde ikamet ederken bile, çeşitli anitsal yapılarında doğal taşları kullanmışlardır. Doğal taşlar yapı malzemesi olarak kullanılmak üzere doğada hazır halde bulunmaktadır. Sadece taş ocağından çıkartmak ve işlemek için enerji harcanması gerekmektedir. Dünya'da doğal taşı olan talep sürekli artmaktadır ve doğal taş sektörü en cazip sektörlerden biri haline gelmektedir. Ülkemizde doğal taşlar hemen her bölgede üretilmektedir. Türkiye'nin çok çeşitli ve zengin doğal taş rezervlerine sahip olduğunun en önemli göstergesi etrafımızdaki tarihi yapılardır.



Yapı taşı olarak kullanılan kayaçların en çok bilinen ve kullanılanları bazalt, granit, andezit, kumtaşı, kireçtaş, tuf, mermer, arduvaz ve diyabazdır. Bu çalışma Mardin yöresinde yapı malzemesi olarak yapıda kullanılan doğal taşları kapsamaktadır. Mardin ilinde Katori taşı olarak bilinen, geçmişte ve günümüzde yapılarda yaygın olarak kullanılan kalker taşı daha çok Midyat ilçesinde geniş düzlikler şeklinde bulunan ve 50-600 metre derinliklerinde oluşan, doğal taşlar inceleme alanını oluşturmaktadır. Mardin kalker taşının ocaktan çıkarılması ve işlenmesinin kolay olup, nem oranı yüksek, beyazimsi ve sarı renkte olduğu görülmektedir. Kalker taşının zamanla sertleşebilme özelliğine sahip olması ve yörenin iklim şartlarına oldukça uygun bir yapı malzemesi olmasından dolayı, yapılarda yaygın şekilde kullanılmıştır. Yapıda kullanılan bu doğal taşlar yörenin kültürel dokularını yansıtarak geçmişten günümüze kadar yaygın kullanım alanları bulmuştur. Midyat taşı olarak bilinen bu karbonatlı kayaçlar alçak plato düzliklerinden çıkarılmaktadır. Orta-Üst Eosen yaşılı Midyat Formasyonu, Midyat taşının kaynağını oluşturmaktadır. Sonuç olarak bu çalışmada, Mardin yöresinde yapı malzemesi olarak kullanılan doğal taşların çıkarılması, işlenmesi, özellikleri, kullanımının çevre ile ilişkileri, sektördeki sorunların değerlendirilmesi ve geleceğe ilişkin önerilerde bulunulması amaçlanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Doğal taş, Mardin kalker taşı, Midyat taşı

## GİRİŞ

Türkiye’de, doğal taş üretiminin hızlı artışı 1980’li yılların ortalarında başlamıştır. Bu tarihe kadar “Taşçılık” sayılabilen ugraş alanı, daha sonra “Endüstrileşme” sürecine girmiştir. 1986 yılında doğal taş işletmelerinin yılanmış “Taş Ocakları Nizamnamesi” kapsamında çıkarılarak 3213 sayılı “Maden Kanunu” kapsamına alınması yatırımcılara önlerini görebilecek bir güvence sağlamıştır. Aynı yıllarda, doğal taş teknolojisinde “Devrim” sayılabilen nitelikteki “Elmas Tel ile Kesme” tekniğinin tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de yaygınlaşmaya başlaması ile daha bilinçli, endüstrileşmeye yatkın entegre yatırımların hızla artması gerçekleşmiştir. Halen ülkemizde, sektörün başta İtalya olmak üzere önde sayılan ülkeleri ile rahatlıkla boy ölçülebilcek teknolojik düzeyde yirmi dolayında “Entegre Tesis”, 1.500 fabrika ve 7.500 civarında atölye faaliyet göstermektedir. Bugüne kadar çeşitli kurumlar tarafından yapılan araştırmalara göre 5 milyar  $m^3$ ’ü aşan miktarda mermer ve renkli doğal taş rezervine sahip olan ülkemizde, sayıları 1000’e yaklaşan doğal taş ocağından, son yıllarda toplam 3 milyon  $m^3$  (8 milyon ton) dolayında üretim yapılmaktadır [1].

Bu araştırma; GAP bölgesinde bulunan Mardin yöresindeki yapı malzemesi olarak kullanılan doğal taşların incelemesini kapsamaktadır. Bu yörelerde bulunan doğal taşlarla yapılan yapılar uzun yıllar bu bölgelerde yaşayan insanların tarihini doğal taşlara yansıtarak günümüze kadar getirmiştir.

Mardin Midyat kalkerleri, Ergani, Dicle, Hani, Lice, Kulp ve Sason'un çizdiği hattın kuzeyinde ve Hazro çevresinde ayrı küçük parçalar halinde mostra vermekle beraber, Diyarbakır-Mardin yolu üzerindeki Aşağı Konak köyünden geçen yaklaşıklar olarak doğubatı doğrultulu hattın kuzeyinde Mazıdağ ve Mardin yakınlarına kadar devam etmektedir [2].

Midyat taşı alçak plato düzliklerinden çıkarılmaktadır. Ayrıca, Midyat taşının litolojik özelliklerine bağlı olarak, Midyat taşı ile yapılan binaların yazın serin, kışın sıcak tutması,



yazları sıcak-kurak geçen yörenin iklim şartlarına oldukça uygun bir yapı malzemesidir. Yapı malzemesi olarak kullanılan Midyat taşı, kaynağından çıkarıldığı zaman oldukça yumuşak ve gözeneklidir. Taşın sahip olduğu bu litolojik özellik, yörende inşa edilen binalarda yapı malzemesi olarak tercih edilmesinin önemli nedenleri arasında sayılmaktadır. Midyat taşı ocaktan çıkarıldığında işlenmesi kolay olmasına rağmen çeşitli alanlarda kullanıldıktan sonra zaman içinde sertleşmektedir. Bu taşlarla yapılan yapılar yüzyıllardan beri ayakta durmaktadır. Örneğin Mor Gabriyel Manastırı MS 394 yılında yapılmış olmasına rağmen hala ayaktadır [3].

Bu çalışmada Mardin Yöresindeki yapı malzemesi olarak kullanılan doğal taşların çıkarılması, işlenmesi, özellikleri, kullanımının çevre ile ilişkileri, sektördeki sorunlar gözlem, inceleme, anket verilerinin değerlendirilmesi, geleceğe ilişkin önerilerde bulunulması amaçlanmaktadır.

## MATERIAL VE YÖNTEM

Yapı malzemesi olarak kullanılan doğal taşların önemini ve sektörde yaşanan sorunları vurgulamak için yapılan bu çalışmada Mardin yöresinde kullanılan doğal taşlar incelenmiştir. Bu bölgelerde taş ocaklarında çıkarılan ve daha sonra yapılarda kullanılmak üzere çeşitli işlemlerden geçen Mardin kalker taşı örnekleri üzerinde durulmuştur. Ayrıca bölgede bulunan ve faaliyyette olan taş ocaklarında yerinde incelemeler yapılmıştır. Firma sahipleri ve ocaklarda çalışan işçiler ile birebir görüşmeler yapılmıştır. Araştırma sahasında taşların ocaklardan çalışma ve işlenme aşamalarında gözlemler yapılarak, sektörde yaşanan sorunlar araştırılmıştır. Taş ocaklarında çalışan işçilerin sorunlarını ele almak amacıyla Mardin Midyat Beyazsu Taş Ocağında toplamda 50 kişi ile yapılan anket çalışması sonucu sorunların analizi yapılmıştır.

### Araştırma Sahasının Genel Özellikleri

Mardin Şehri, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Dicle ve Fırat havzalarında yer almaktadır, doğuda Nusaybin ve Midyat, batıda Kızıltepe, kuzeyde Ömerli ve Yeşilli ilçeleri, güneyde Suriye Arap Cumhuriyeti topraklarıyla çevrilidir. Mardin Merkez ilçenin yüz ölçümü  $969 \text{ km}^2$ 'dir. Coğrafi konumu itibarıyle Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde  $36^\circ 55''$  -  $38^\circ 51''$  Kuzey enlemleri ile  $39^\circ 56''$  -  $42^\circ 54''$  doğu boyamları arasında yer almaktadır. Mardin, Türkiye'nin Suriye ve Irak'la bağlantısını sağlayan karayolu ve Demiryolu güzergâhi üzerinde olup ülkenin Ortadoğu'ya açılan tek sınır kapısına sahiptir. Mardin E-90 karayoluyla Şanlıurfa, Gaziantep üzerinden Adana ve Akdeniz Bölgesi ve buradan da Ankara ve İstanbul'a bağlanır. Bu karayolu aynı zamanda Mardin üzerinden Avrupa'yı Ortadoğu'ya bağlar. Karayolunun Mardin'den geçmesi şehir merkezinin ve çevresindeki yerleşim yerlerinin hızlı bir şekilde büyüp gelişmesine neden olmuştur [4].

Midyat, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin güneyinde, Mardin iline bağlı bir ilçedir. 2015 yılı Midyat şehir nüfusu 105000 olarak belirlenmiştir (TÜİK). Bölgedeki önemli karayolu ağının üzerinde ve sınır kapısına yakın bir konumda yer alan Midyat, ticaret açısından önemli bir konuma sahiptir. Şehirde telkâri gümüş işlemeciliği, halı dokumacılığı, taş işlemeciliği gibi geleneksel ekonomik faaliyetler yoğunluktadır. Yerleşme tarihin oldukça eski olduğu Midyat şehri günümüzde birbirinden yaklaşık 3 km kadar uzaklıkta iki ayrı yerleşmeden meydana gelmektedir. Bunlardan "Eski Midyat", tarihi dokunun pek bozulmadığı Midyat taşından yapılmış ev, cami ve kiliselerin yer aldığı turistik çekiciliği olan bir merkezdir. Eski Midyat'ta genelde bir iki katlı evler, çarşı ve alış-veriş merkezleri bulunmaktadır [5].



Mardin-Midyat çevresinde mostra veren Eosen yaşlı Midyat kireçtaşı Formasyonları içinde yeraltı suyuna rastlanmaktadır. Sahanın başlıca akarsuları olan Karasu ve Beyazsu, kaynaklarını bu karstik akiferlerden alarak akışını güney-güneybatı yönünde sürdürmektedir [8].

### **Midyat Taşının Litolojik Özellikleri ve Kullanım Alanları**

Yapı malzemesi olarak kullanılabilirliği araştırıldığında; yöre taşları beyazımsı sarı renkli bir kalker olduğu görülmektedir. Midyat taşında baskın mineral kalsit olup, birim hacim ağırlığına göre traverten ve granit gibi kayaçlardan daha hafiftir. Taşın özgül ağırlığı  $2,202 \text{ g/cm}^3$ ; görünür gözeneklilik derecesi ise % 27,53' tür. Bu durum taşın gözenekli bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Taşın ortalama su emme değerinin %11,81 olması taşın bünyesine alacağı su miktarının fazla olacağına işaret etmektedir. Taşın aşınma değerinin standartların çok üstünde olması, aşınmanın fazla olacağının yörelerde kullanılmayı kısıtlamaktadır (Taşın aşınma dayanımı  $61,48 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$  dir). Ayrıca taşın basma dayanımı değeri 7,002 MPa 'dır. Bu değerin yüksek dayanımlı doğal yapı taşlarına göre düşük olmasına rağmen beton, briket, tuğla, gaz beton gibi yapay malzemelere yakın dayanıma sahip olduğu görülmektedir [6].

Midyat taşının nem oranı yüksektir. Bu özellik taşların ocaktan çıkarılması ve kesilmesini kolaylaştırmıştır. Midyat taşı ocaktan çıkarıldığından işlenmesi kolay olmasına rağmen çeşitli alanlarda kullanıldıktan sonra zaman içinde sertleşmektedir. Midyat taşı, ahşap gibi testere ile kesilebilmekte, matkapla delinebilmekte, sert kesiciler ile yontulabilmektedir. Bu nedenle yörede inşa edilen binalarda yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Şu anda yapılan yapılarda kalker taşının hem taşıyıcı sisteme, hem de kaplama malzemesi olarak kullanılması Mardin yörenin kültürünü günümüzde devam ettirmektedir. Bununla birlikte olumsuz çevre nedeniyle zamanla taş yapılarının rengi değişimekte, üzerinde bulunan bazı motifler aşınmakta ya da silikleşebilmektedir.

### **Mardin Yöresindeki Doğal Taş Sektörü**

Hammaddenin bolluğu, kolay elde edilebilirliği ve yöre iklimine uygunluğuna, Süryanilerin bu alandaki beceri ve hünerlerinin eklenmesiyle uzun dönemler boyunca Midyat ve çevresinde yapılan konutların temel yapı malzemesi Katori taşı olmuştur.

Burada üretilen ve farklı şekillerde süslenen taş yapı malzemesine talebin artması ile birlikte atölye sayılarında artış görülmeye başlanmıştır. Midyat ve çevresinde bol miktarda bulunan taşın kullanım alanları oldukça genişdir. Çeşitli konut ve dini/kültürel yapıların inşasında temel yapı malzemesi olarak kullanılabildiği gibi, betonarme yapıların dış kaplamasında da uygulanabilmektedir. Bunun dışında çeşitli süs eşyaları, mezarlık, çeşme, şadırvan, korkuluk, kapı ve pencerelerin süslenmesi ve şehir mobilyaların (otobüs durakları, heykeller, anıtlar, saat kuleleri) yapımı işlemelerinde de kullanılmaktadır. Bu şekilde geniş kullanım alanlarının olması Midyat'ta taşın üretimini arttıran önemli bir etkendir. Nitekim atölye sayısı ile birlikte üretimde de son dönemlerde önemli gelişmeleri görmek mümkündür. Üretim kapasiteleri Tablo 1'de verilen 1999 yılında  $27300 \text{ m}^3$  olan toplam taş üretim miktarı 2015 yılında  $2392000 \text{ m}^3$ 'e ulaşmıştır [7].

Tablo 1. Mardin'de faaliyet gösteren taş ocaklarının yıllık üretim durumları

Taş Ocağı	Üretim ( $\text{m}^3$ )
-----------	-------------------------

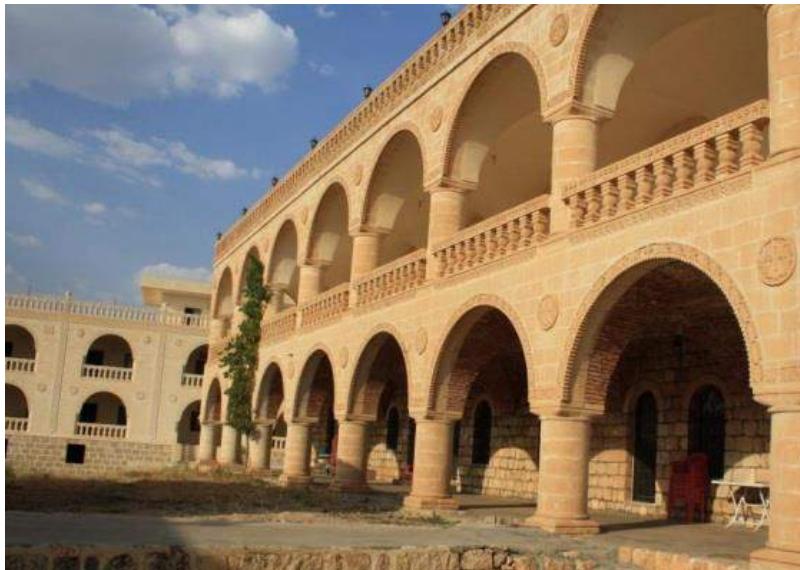


Mardin Merkez Acar Köyü	155000
Mardin Merkez Kabala Köyü	1049000
Mardin Merkez Çağlar Köyü	60000
Mardin Dargeçit Akçaköy	60000
Mardin Merkez Ortaköy	50000
Mardin Midyat Beyazsu	50000
Mardin Derik İlica Köyü	80000
Mardin Derik Denktaş Köyü	40000
Mardin Savur Serenli Köyü	50000
Mardin Nusaybin Güneli Köyü	90000
Mardin Nusaybin Yandere Köyü	90000
Mardin Mazıdağı Aksu Köyü	80000
Mardin Midyat Batman Yolu	50000
Mardin Midyat Belediyesi	90000
Mardin Kızıltepe Yurteri Köyü	99000
Mardin Midyat Söğütlü Köyü	9000
Mardin Kızıltepe Kocalar Köyü	90000
Mardin Merkez Akbağ Köyü	200000
<b>TOPLAM</b>	<b>2392000</b>

### **Mardin Yöresinde Yapımında Doğal Taşların Kullanıldığı Tarihi Yapılar**

İncelenen yapılarda Katori taşı olarak bilinen Mardin taşı kullanılmıştır. Yiğma yöntemi kullanılan yapılarda bağlayıcı olarak kireç harcı kullanıldığı görülmüştür. Yörenin kendine has dokusunu yansitan yapılar, önemli taş işlemecilikleri ile günümüzde de devam eden işlemecilik sanatının en iyi şekilde görüldüğü yapılardır.

Midyat taşı kullanılarak inşa edilen yapılardan birisi tarihi Mor Gabriel Kilisesidir. Mor Gabriel Kilisesi Metropolitinin merkezi Turabdin Bölgesi olan kilise, Midyat'a yaklaşık olarak 25 km uzaklıkta bulunan, Mardin'e bağlı Güngören (Kartmin) Köyünün 2,5 km Kuzeyinde, bodur meşelerle kaplı hafif dalgalı kalker kayalık arazide alçak bir tepede kurulmuştur. Çeşitli dönemlerde ilave ve restorasyonlar ile bugünkü halini alan manastırın temeli M.S. 397 yılında Mor Sumuel tarafından atılmıştır (Resim-1). 7.Yüzyıldansonra aziz Mor Gabriel adıyla ünlenmiş ve Turabdin Metropolitliğinin merkezi konumuna gelmiştir [9].



Resim-1: Mor Gabriel kilisesinin avlusundan bir görünüm

Manastırın V.-VI. yüzyıldan kalan eşsiz yapıları; Bizans dönemi mozaikleri, kubbeleri, kapıları ile büyük bir tarihi öneme sahip olup Midyat kalker taşından yapılmıştır. Manastırda Midyat taşı hem taşıyıcı amaçla hem de kaplama malzemesi olarak kullanılmıştır. Manastırın iç kısmında ve dış tarafında kaplama olarak yapılan kalker taşının görünen yüzeylerindeki süslemeler eski zamanlarda bile yöre halkın taş işlemeciliğinde ileri bir seviyede olduğu görülür. Kalker taşının aralarında yapılan gözlem sonucu derz aralarında kireç harcı kullanıldığı saptanmıştır. Manastırın azizler evi bölümünde farklı dönemlerde hayatını kaybeden azizler burada bulunan 15 nişin içinde bulunan mezarlara gömülmüşlerdir. Manastırın en gözde yeri ana kilise olarak da kullanılan kısımdır. Kubbe şeklinde yapılmış bu kısmın yapımında taş ve tuğlalar kullanılmıştır ve Theodora kubbesi olarak adlandırılmıştır [9].

Mor Gabriel kilisesi şu anda bile faaliyette olup ziyaretçilerine Pazar günleri hariç hizmet vermektedir. Ayrıca köylerde yaşayan, Midyat'ta lise okuyan Süryani öğrencilere yurt hizmeti vermektedir.

Çalışma kapsamında, Midyat taşı kullanılarak inşa edilen ve incelenen bir diğer yapı ise Mardin Ulu Camii' dir. Mardin'in en eski camisi olan Mardin' in tam göbeğinde inşa edilmiş olan Ulu Camii'nin hangi tarihte yapıldığı bilinmemektedir. Yani elde yazılı bir kaynak bulunmamaktadır. Fakat caminin kapısında 1190 tarihinde yapıldığı yazmaktadır. Mardin Ulu Camii, ilk yapıldığı sırada iki minareye sahipti. Günümüze ise bir minaresi gelmiştir ( Resim-2). Yıkılan minare hakkında çeşitli söylemler vardır. Kimileri minarenin bir deprem de yıkıldığını, kimileri ise yıldırım düşerek hasar gördüğü sonrasında yıkıldığını söylemektedir.



Resim-2: Mardin Ulu Camii

Mardin kültürünü yansıtan önemli yapılardan olan Ulu Camii yapımında kalker taşları kullanılmıştır. Taşıyıcı sistemlerinde, kapı, pencere, kaplamalarında kullanılan kalker taşları ve üzerine yapılan işlemeler kendi döneminden izleri günümüzde yansımaktadır. Kalker taşlarının örülmesinde kireç harçının kullanıldığı görülmektedir. Taş işlemeciliğinde önemli bir eser olarak görülmekte olan Ulu cami günümüzde de ziyaretçilere hizmet vermektedir.

## ANKET SONUÇLARI

Midyat Taşı işçiliğinde (gerek ağır çalışma şartları, gerekse geleneklerin etkisiyle) çalışanların tamamı erkek nüfustur. Taş işçiliğinde daha çok genç nüfus çalışmaktadır. Çalışanların büyük bölümü (% 67) 16-30 yaş aralığındadır. 30 yaşın üzerindekilerin oranı ise, %33'tür. Çalışanların %60'ı evli, %40 ise bekardır.

Çalışanların %50 si taş işçiliğinde usta olarak çalışırken diğer kalan %50 çırak vs. olarak çalışmaktadır.

Çalışanların %56'sı çalışma şartlarının zorluğu ve sağlığı olumsuz etkileyeceğini düşündükleri için mesai boyunca koruyucu ekipman kullanmaktadır. %36'sı ise bazı durumlarda kullandıklarını belirtirken, %8'i ise hiç kullanmadıklarını belirtmişlerdir.

Çalışanların %26'sı aylık 1000-2000 TL ücret alırken, %62'si aylık 2000-3000 TL, %12 si ise 3000-4000 TL aylık ücret aldıklarını belirtmişlerdir.

Ankete katılanların %14'ü aylık kazançlarının iyi olduğunu; % 44'ü kendi geçimlerini ancak idare ettirdiğini; % 42'si ise kötü olduğunu ifade etmektedir.

İş yükünün ağır olması nedeniyle çalışanların çoğunda (%50) ortopedik rahatsızlıklar (bel ve boyun fitiği) olduğu görülmekte ve bunu solunum rahatsızlıkları takip etmektedir.

Taş işçiliğinde çalışanların çalışma sürelerine (yıl olarak) bakıldığından maksimum çalışma süreleri 6-10 yıl arasında değişmektedir. Diğer sektörlerle karşılaştırıldığında taş



işçiliğinde çalışma zamanının (yıl olarak) az olmasının sebebi, ağır çalışma şartları, uzun ve yorucu mesai saatlerinden kaynaklandığı şeklinde yorumlanmıştır. Taş işçiliği daha çok usta-çırak ilişkisi ile öğrenilmektedir. Meslegen eğitimini alanların sayısı yok denecik kadar azdır. Bu ilişki içerisinde baba meslesi olarak öğrenilenlerin sayısı da azımsanmayacak kadar çoktur. Ankete katılanların büyük bölümü (%86) meslegi usta-çırak ilişkisi içerisinde öğrendiğini, %14'ünün ise eğitimini aldığı belirtmiştir. Bu %14'lük dilim içerisinde bulunan insanlar genel olarak yönetimde görev almaktadırlar. Taş ocaklarında çalışan insanların sağlık güvencelerinin olduğu belirtilmiştir. Sağlık ile ilgili her türlü tedbir için üretim aşamasında gerekli ekipman ve donanımların kullanıldığı belirtilmiştir. Çalışanların sağlık sorunlarının aileye yansımadığını fakat ailelerine yeterli zaman ayırmadıklarını düşünmektedirler. Taş ustalarının büyük bölümü (%66) bu meslegi gelecek nesillere aktarmayı istemediklerini belirtmişlerdir. Taş işçiliğinde ağır şartların ve işin yoruculuğunu gereklilik olarak göstermişlerdir.

## **SONUÇLAR VE TARTIŞMA**

Bu araştırmada Mardin yöresinde yapı malzemesi olarak kullanılan doğal taşların, ocaklardan çıkıştırma, işlenmesi aşamalarında karşılaşılan sorunlar belirlenip ve yapılarda kullanım şekilleri incelenmiştir.

Taşların üretiminde ve ocak sayılarında geçmişen günümüze artışlar görülmüştür. Bunun sebepleri arasında ise dünyadaki teknolojik ve bilimsel gelişmeler insanlarda çevre bilinci ile birlikte, daha sakin ve doğal ortamlarda yaşama arzusu ve özlemini doğurmaktadır. Son yıllarda ülkemizde de özellikle büyük şehirlerde turistik yörelerde, yapılarda, topluma açık ve kapalı alanlarda doğal taşlar kullanılmaya başlamıştır. Bu taşlara olan talebin artması ile ocak sayılarında artış gözlenmiştir. Bu artışla beraber ortaya çıkan sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

Köylüler ile yaşanan arazi problemlerinde ocak işletmecilerini geçim kaynağı olarak gören köylüler arazilerine yüksek fiyatlarbicerek maliyet artışlarına sebep olmaktadır. Buda yatırımcıyı zor durumda bırakarak üretimde verimliliğin azalmasına sebep olmaktadır. Güvenlik sorunu bölgenin konumundan dolayı kırsal kesimlerde bulunan ocakların güvenliğinin sağlanması problemi yaşanmaktadır. Buna karşılık ocak işletmecileri köy korucuları bulundurma zorunluluğu yaşamaktadır. Bununda maliyetin artmasına sebep olduğu görülmektedir.

Yol sorunu, köy yolları ile ocak arasındaki bağlantıyı sağlayan yollar yatırımcı tarafından açılmakta ve buda maliyet artışlarına sebep olmaktadır.

Enerji sorunu sektörde çalışan firmalar, ocak ve fabrikalarındaki elektrik, yol ve su gibi alt yapı hizmetlerini kendileri sağlamaktadır.

Nakliye sorunu karayolu taşımacılığında tonaj sınırlaması nedeniyle maliyet artışları görülmektedir.

Yörelerde ocak ve fabrikalarda kullanılan makine araç ve gereçlerinin yeterli servisleri bulunmamaktadır. Buda yaşanan arıza durumlarında işin aksamasına sebep olmaktadır.

Bu sorumlara yönelik, bölgedeki ocak işletmecilerinin öncelikle blok verimi ve renk gibi temel işletme kriterlerini göz önünde bulundurarak sahaları kapatması gerekmektedir. Küçük işletmelerin ilk yatırıma başlamadan önce denemeler yapması daha sonradan ekonomik zararları en aza indirir. Bölgenin büyük kentlere ve ihracat limanlarına olan uzaklığını yanı sıra kalkınmış yörelerle rekabet edebilmesi için uzun vadede demiryolu taşımacılığının



iyileştirilmesi, kısa vadede ise vergilerden arınmış ucuz akaryakıt desteğinin sağlanması gerekmektedir. Ayrıca ocak ve fabrikalarda kullanılan makine ve ekipmanlarda oluşan arızaların kısa sürede giderilmesi için, doğal taş makinelerinin yan sanayisi bölgede güçlendirilmelidir.

Araştırmamızda ocak çalışanlarının sorunları da ele alınmıştır. Bu sorunlar Mardin taş ocağında yapılan toplamda 50 kişilik anket çalışmasında çalışan işçilerin yaşadıkları sorunları ele almaya yönelik sorulan sorular yardımcı ile belirlenmiştir. Bu sorunlar, çalışma sisteminin ve şartlarının oldukça zor olması, sağlık sorunları ile karşılaşılması geçim sıkıntısı yaşayan çalışanların olması, çalışanların mesai saatlerinin fazla olmasında şikayetçi oldukları şeklinde yorumlanmıştır. Sektör çalışanlarının işi gelecek nesillere aktarma istemedikleri, taş işçiliği sanatının kaybolmaması için çalışmaya şartlarında iyileştirmeler yapılması önerilir. Ayrıca makineleşmenin artması sektörde yorucu olan ağır işlerin azaltılmasında çalışanlar adına önemli bir faaliyet olarak görülebilir.

Bu taşlar ile yapılan tarihi yapılarda, yapılan yerinde incelemelerde yöre halkın inançları doğrultusunda kendi kültürlerini taşlara yansımış olup, yapılarda bu taşları taşıyıcı, kaplama ve süs malzemeleri olarak kullandıkları gözlemlenmiştir. Günümüzde ise artan betonarme yapılar nedeniyle bu taşlar artık eskisi kadar taşıyıcı malzeme olarak kullanılmamaktadır. Bunun yerine daha çok kaplama ve süs malzemeleri olarak kullanıldığı görülmüştür.

## KAYNAKLAR

1. Yüzer, E., Dünden Bugüne Doğal Taş Kullanımı, Doğal Taş ve Endüstrisi Kataloğu, Yem Yayımları, İstanbul, 2003.
2. Şimşek, R., Yukarı Dicle Havzası Hidrolojik Etüt Raporu“, DSİ, Ankara, 1979.
3. Şahin, Y.G., Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi“ Cilt: 6 Sayı: 24, 319-320, 2013.
4. Erdoğan, B., Yavuz, A., Güneydoğu Anadolu'nun Miyosen Paleocoğrafyası ile Mermer Yataklarının ilişkisi“, D.E.Ü. Müh. Fak. Fen ve Müh. Dergisi, 1, 12, 2002.
5. Dalkılıç, N., Aksulu, I., Midyatın Geleneksel Dokusu ve Evleri Üzerine Bir inceleme“, Gazi Üni. Müh. Mim. Fak. Dergisi, 2004.
6. Kaya, A.C., Midyat Taşının Kaplama ve Yapıda Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Maden Mühendisliği Fen Bilimleri Enstitüsü, 93 sayfa. Adana, 2008.
7. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, “Mardin İl Çevre Durum Raporu“, Mardin, 2014.
8. Akdeniz, U., ve Yurdaer, D., Mardin Civarı Karbonatlı Kayaçların Karst Hidrojeolojisi Etüt Raporu, Yayınlanmamış rapor, DSİ, Ankara, 2007.
9. Bilge, Y., 1600 Yıllık Gelenek Mor Gabriel Manastırı, GDK Yayımları, ISBN 6055739584, 2011.



## RESEARCH ON THE DETERMINATION AND PROTECTION OF MATERIAL PROPERTIES OF KAYSERİ HISTORICAL STRUCTURES

Yrd. Doç. Dr. Hadaan PEHLİVAN  
Kilis 7 Aralık Üniversitesi  
[hadaantaban@kilis.edu.tr](mailto:hadaantaban@kilis.edu.tr)

Öğr. Gör. Mahmut AYTEKİN  
Kilis 7 Aralık Üniversitesi  
[mahmutaytekin@kilis.edu.tr](mailto:mahmutaytekin@kilis.edu.tr)

**ABSTRACT:** Historical buildings are the important cultural treasures that convey the material characteristics, construction techniques and architectural items of the period in which they were built. Our country has a very important heritage in terms of cultural, historical and architectural aspects. Most of the historical buildings are usually constructed of masonry or wooden materials in accordance with the geography and culture of the region. Most of these structures, which are built as mounds, need to be preserved in their present state and safeguarded against the adverse effects of nature and time. Historical constructions built with traditional materials have faced many negative influences such as fires, abrasive effects on the atmosphere, different loads and earthquakes. In spite of all these negativities, it is necessary to give importance to the historical construction which has been able to survive as day-to-day, and the damaged parts should be repaired and necessary reinforcements should be made and transferred to the future with confidence. In this study stone, wood, mud brick, natural hydraulic lime and grout mortar were investigated in order to reveal the material characteristics of the historical and traditional structures in Kayseri region. Historical buildings in Kayseri have used natural building stone called ignimbirit. In addition, the repair and reinforcement techniques applied to the historical structures in this area have been examined. The transfer of the historical and cultural heritage of our country towards future generations can be ensured by the restoration and strengthening of international conservation principles and protection awareness. The basic principle in the repair and strengthening of historical structures is that the intervention in the structure is applied at the minimum level. Regardless of the scale, it is necessary to distinguish the components of the work and to analyze its elements well before any protection and repair interventions planned for a historical monument. For example, it is important to understand what purpose stone building material is used for, to know the structural elements which are the carrier task, to read what elements are built with the structure, to name the structural elements correctly according to their properties and functions and to understand how the loads are transferred in the structure. As a result, architectural features and structural structure of historical buildings in Kayseri province were investigated and suggestions for repairing and strengthening them according to the damages were presented.

**Key words:** Historical structure, Historical structures of Kayseri, Repair and strengthening

**KAYSERİ İLİ TARİHİ YAPILARININ MALZEME ÖZELLİKLERİİNİN BELİRLENMESİ VE KORUNMASI ÜZERİNE ARAŞTIRMA**



**ÖZET:** Tarihi yapılar inşa edildiği dönemin malzeme karakteristiklerini, yapım tekniklerini ve mimari öğelerini günümüze aktaran önemli kültürel hazinelardır. Ülkemiz kültürel, tarihi ve mimari açıdan çok önemli bir mirasa sahiptir. Tarihi yapıların çoğu bulundukları bölgenin coğrafyasına ve kültürüne uygun olarak genellikle yığma veya ahşap malzemelerden inşa edilmiştir.Çoğu yığma olarak inşa edilen bu yapıların mevcut halleriyle korunması, doğanın ve zamanın yıpratıcı etkilerine karşı güvenli duruma getirilmeleri gerekmektedir. Geleneksel malzemelerle inşa edilmiş olan tarihi yapılar ömrleri boyunca yanıklar, atmosferin malzemeler üzerindeki yıpratıcı etkileri, farklı yüklemeler ve depremler gibi birçok olumsuz etkiyle karşı karşıya kalmışlardır. Tüm bu olumsuzluklara rağmen günümüze kadar ayakta kalmayı başarabilmiş olan tarihi yapılar gereken önem verilmeli, zarar gören kısımları onarılmalı ve gerekli güçlendirmeler yapılarak geleceğe de güvenle aktarımı sağlanmalıdır. Bu çalışmada Kayseri yöresindeki tarihi ve geleneksel yapıların malzeme özelliklerini ortaya koymak için taş, ahşap, kerpiç, doğal hidrolik kireç, grout harcı incelenmiştir. Kayseri ilindeki tarihi yapılarda ignimbirit adı verilen doğal yapı taşı kullanılmıştır. Ayrıca bu bölgede tarihi yapılarda uygulanan onarım ve güçlendirme teknikleri üzerinde incelemeler yapılmıştır. Ülkemizdeki tarihi ve kültürel mirasın gelecek nesillere doğru bir şekilde aktarılması, uluslararası koruma ilkeleri ve koruma bilinci doğrultusunda onarılıp güçlendirilmesi ile sağlanabilmektedir. Tarihi yapıların onarım ve güçlendirilmesinde temel ilke, yapıya müdahalenin en az seviyede uygulanmasıdır. Ölçeği ne olursa olsun bir tarihi eser için planlanacak tüm koruma ve onarım müdahalelerinin öncesinde, eserin bileşenlerini ayırt etmek ve elemanlarını iyi analiz etmek gereklidir. Bunun için örneğin taşı yapı malzemesinin hangi amaçla kullanıldığını anlamak, taşıyıcı görevi olan yapı elemanlarını tanımak, yapının temelden örtüye hangi elemanlarla inşa edildiğini okumak, yapı elemanlarını özellik, işlevlerine göre doğru adlandırmak ve yapıda yüklerin nasıl aktarıldığını çözmek önemlidir. Sonuç olarak Kayseri ilindeki tarihi yapıların mimari özellikleri ve strüktürel yapısı araştırılarak, oluşan hasarlara göre onarım ve güçlendirilmesine yönelik öneriler sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Tarihi yapı, Kayseri ili tarihi yapıları, onarım ve güçlendirme

## GİRİŞ

Tarihi yapılar geçmişten günümüze kadar ayakta kalabilmiş, inşa edildiği dönemlerin izlerini taşıyan ve belli başlı mimari karaktere sahip olan yapılardır. İnşa edildiği dönemin malzeme karakteristiklerini, yapım tekniklerini ve mimari öğelerini günümüze aktaran önemli hazinelardır. Geleneksel malzemelerle inşa edilmiş olan tarihi yapılar ömrleri boyunca yanıklar, atmosferin malzemeler üzerindeki yıpratıcı etkileri, farklı yüklemeler ve depremler gibi birçok olumsuz etkiyle karşı karşıya kalmışlardır. Tüm bu olumsuzluklara rağmen günümüze kadar ayakta kalmayı başarabilmiş olan tarihi yapılar gereken önem verilmeli, zarar gören kısımları onarılmalı ve gerekli güçlendirmeler yapılarak geleceğe de güvenle aktarımı sağlanmalıdır. Tarihi yapıların onarım ve güçlendirilmesinde en hassas nokta tarihi dokuyu korumaktır. Tarihi yapıların onarım ve güçlendirilmesinde doğal malzemeye öncelik verilmeli, doğal malzemenin yeterli görülmediği durumlarda zamanın teknolojik ürünleri uygulanmalıdır. Yapılan uygulamaların ise ilerde bu uygulamadan vazgeçilmesi durumunda geri döndürülebilir nitelikte olması gerekmektedir [1].

Taş, en eski yapı malzemelerinden birisidir ve kalıcı olması düşünülen yapıların inşasında özellikle tercih edilmiştir. Tarihi yapılarda taşın yaygın olarak kullanılmasının nedeni, hemen hemen her yerde ve arazi koşullarında kolaylıkla temin edilebilir olmasıdır. Doğal



taş, taşıma gücü ve basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı zayıf olan bir malzemedir. Bu özelliğinden dolayı, yalnız basınç kuvveti alan kemerler, tonozlar ve kubbelerde kullanılması uygundur. Ayrıca, tarihi yiğma-kagir yapılarda özellikle, horasan harcı adı verilen bağlayıcı kullanılmıştır. Tuğla, kiremit ve benzeri malzemeler, kireç ile karıştırılarak birçok tarihi yapının harç ve siva malzemesinin hazırlanmasında kullanılmıştır. Horasan çok geç sertleşen bir malzemedir. Dayanımını çok uzun zamanda kazanır. Malzemenin bu özelliğini bilen eski mimarlar yapının temelini bitirdikten sonra üst yapıya başlamaları için, uzun bir süre yapımı ara verirlerdi. Horasanın sertleşme sürecini azaltmak ve dayanımını kısa sürede kazanabilmesi için çeşitli katkı maddeleri kullanılabilir. Horasan harçlarının yanı sıra kubbede kullanılan tuğlaların da çok gözenekli ve düşük yoğunlukta olması, kubbenin depreme daha dayanıklı olmasını sağlamaktadır. Bunun yanında harç kalınlığı ince olan yapılarda üst yapıdaki taşıyıcı sistem dayanımı daha yüksektir [2].

Tarihi yapılar, özgün biçimini, taşıyıcı sistemi ve malzemesi ile ayakta tutulabildiği oranda başarılı olarak korunuyor demektir. Restorasyon ve koruma yöntemleri disiplinler arasında sürekli tartışma konusu olmuş, 1964 yılında yayınlanan ve ülkemizde de benimsenen Venedik Tüzüğü ile tarihi yapıların onarımı ile ilgili temel ilkeler belirlenmiştir. Bu ilkelerde onarımın uzmanlık gerektiren bir iş olduğu, amacın anıtın estetik ve tarihi değerini ortaya çıkarmak ve korumak olduğu, onarında özgün malzemenin kullanılması gereği vurgulanmaktadır. Onarında kullanılacak malzeme özelliklerinin özgün malzeme ile uyumu için, özgün malzeme özelliklerinin çok iyi belirlenmesi gereklidir. Tarihi yapılarda kullanılan malzeme özelliklerinin belirlenmesi için, yerinde ve laboratuvara uygulanan tahribatlı ve tahribatsız deney yöntemleri yapılmaktadır [3].

Tarihi bir yapının onarımı öncesi yapının tarihi, estetik ve teknik yönden incelenmesi, rölövesinin hazırlanması, bozulmaların saptanması, durum tespiti ve onarımı restorasyon çalışmaları için gereklidir. Grout harcı, siva ve fresklerin güçlendirilmesi, çatlıkların onarımı, duvar cephelerinin onarımı, yapısal elemanlar ile duvarlar arasındaki sürekliliği sağlamak amacıyla yapılan restorasyon işlerinde sıkça kullanılır. Duvar yüzeyindeki büyük boşlukları doldurmak amacıyla kullanılan grout harçının, tuğlalar, taşlar ve tuf ile mükemmel uyum sağladığı görülmüştür. Diğer bir yöntem, duvarlar çelik levhalarla kuşaklanarak veya duvarın her yüzünde çatıya veya döşeme diyaframlarına monte edilerek kullanılan çelik levhalarla güçlendirilmiştir. Ek olarak, duvarların kesmeye ve eğilmeye karşı mukavemetli lif takviyeli polimer sistemlerde kullanılır. Duvarlardaki hasarı onarmak için, çatlıklar epoksi bazlı yüksek mukavemetli tamir harçlarıyla doldurulur ve eğilmeye karşı boyuna, kesmeye karşı enine doğrultuda lifli polimer uygulanabilir [2].

Tarihi yapılarda malzeme özelliklerinin belirlenmesi için öncelikle yapının projesi temin edilir, proje ile yapı karşılaşılır, eklenti, yıkım vb değişiklikler ve hasarlar tespit edilir. Proje temin edilemez ise veya proje ile yapının mevcut durumu arasında önemli farklılıklar var ise yapının rölöve projesi hazırlanır, yapıda hasarlı bölgeler belirlenir, proje üzerinde gösterilir. Hasar tespiti ve malzeme özellikleri ile ilgili olarak ölçüm yapılması gereken elemanlar ve bölgeler belirlenir. Bu elemanlarda gerekli deney ve ölçümler yapılır [4].

Kayseri havzasının Alt Pliyosende KD-GB yönde normal bileşeni olan doğrultu atımlı faylarla oluşmuş tektonik bir çukurluk olduğunu, Erciyes strato volkanının Kayseri havzasını GD'dan sınırlayan ve sol yanal atımı ile düşey atımı saptanan Erciyes fayı üzerinde olduğunu belirterek; volkanizmanın Üst Miyosen sonunda andezitik domların oluşumuyla başladığını, daha sonra riyolitik tüfler ve ignimbritlerin meydana geldiğini, Alt Pliyosende Kayseri havzasının oluşup Erciyes strato volkanının volkanik etkinliğinin sürdüğünü, Üst Pliyosende Erciyes ana konisinin tikanarak yamaçlarda dasitik domların oluştuğunu, Alt Pleyistosende strato volkanın Erciyes fayı ile ikiye kesildiğini ve işinsal



çatınlardan andezitik bazalt lavlarının çıktılığını, Üst Pleyistosen'den itibaren ise bazaltik kül konileri ve lavların, en son olarak da riyodasitik lavlar ve andezitik lav, pomza ve cürüfların püskürdüğünü öne sürmüşlerdir. Erciyes dağındaki Pleyistosen buzullaşmasını inceleyerek buzullaşma olayının volkanizma ile kesintiye uğrayarak iki evrede geliştiğini ve volkan konisini büyük ölçüde aşındırdığını belirtmişlerdir. Bölge volkanik bir oluşum süreci içinde bulunduğundan ignimbirit, bazalt gibi doğal taşlar geleneksel ve tarihi mimaride uygulama yeri bulmuştur [5].

### Kayseri Yöresindeki Tarihi Yapıların Malzeme Özellikleri

Kayseri bölgesindeki tarihi yapılarda ignimbiri tadı verilen doğal yapı taşı kullanılmıştır. İnceleme alanında, ilginç yüzey şekilleri oluşturan, kalın ve geniş yayılım gösteren volkano-sedimanter istifle temsil edilen Ürgüp formasyonu mostra vermektedir [6].

Litolojik olarak düşey ve yatay yönde gösterdiği değişimler dikkate alınarak birim tarafından üyelere ayrılmıştır. Özellikle taş ocaklarının bulunduğu alanlardan örneklenen ignimbirit numuneleri, Ürgüp formasyonuna ait volkano-sedimanter istifin en alt temelini oluşturan Kavak üyesine aittir. Kavak üyesi, kül ve akıntı ürünlerinin volkanik-kırıntılı malzeme ile ara tabakalanmasından oluşmaktadır [7].

Volkanik fasiyes üst düzeylere doğru artmakta ve en üstte ignimbiritler yer almaktadır. Kayseri - Nevşehir arasında kalan sahadaki yaygın volkanizmanın genel olarak Geç Miyosen'de başladığı bildirilmektedir. Erciyes Yanardağı konisi dışında kalan bu sahanın batısındaki volkanik etkinlik andezitik lavlarla başlamıştır. Kuzeyde Erkilet yöresi ise tuf ve ignimbiritler tarafından örtülümüştür. Geniş platoları meydana getiren tuf ve ignimbiritler en yaygın birimi oluştururlar. Gesi güney doğusunda bunlar içerisinde açılan vadilerde olivin bazaltlar yüzeyler. Batıda Oludağ bazaltı, Kuzeyde Erkilet yöresinde ise doleritik tuf ve ignimbirit serisi üzerine gelir. Doğuda Koç dağı andezit akıntılarıyla Erciyes Volkanik kompleksi bunların üzerinde kurulur [8,9].

## MATERIAL VE YÖNTEM

Bu araştırmanın amacı; Kayseri ili tarihi ve geleneksel yapılarında kullanılan yapı malzemelerinin özellikleri ile bu yapıların korunmasına yönelik onarım-güçlendirme yöntemlerinin incelenmesidir. Sonuç olarak bu yörelerdeki tarihi ve geleneksel yapılarında kullanılan malzemeler, onarım-güçlendirme yöntemleri literatür araştırması ve yerinde gözlemler yapılarak kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır.

### Tarihi Yapılarda Uygulanan Onarım Güçlendirme Teknikleri

#### *Tarihi Yapının Yapıldığı Malzemenin Sağlamaştırılması*

Sağlamaştırma çalışmaları; tarihi yapının malzemesinin, taşıyıcı sisteminin ve üzerinde bulunduğu zeminin sağlanması olmak üzere üç ana başlıkta ele alınabilir.

Tarihi yapılar, inşa edildikleri yörenin olanaklarına ve geleneklere bağlı olarak kerpiç, tuğla, ağaç, taş gibi doğal kökenli malzemelerle yapılmışlardır. Zamanla meydana gelen, doğal ve yapay etkenlerle bu malzemelerde bozulmalar oluşur. Kerpiç malzemenin sağlanması, eski koruma uygulamalarında, kerpiç üzerine zift sürülerek ya da üstleri harçla sıvanarak korunmaya çalışılmıştır. Kerpiç malzemenin renk ve dokusuna uyum sağlanmayan bu yöntem günümüzde terkedilmiştir. Günümüzde kerpiç kalıntıları, binlerce yıldır Anadolu'da uygulandığı gibi, sürekli bakım yöntemiyle, çamur harcı ile sıvanarak



korunuyor. Yenilenebilir olan bu sıva, kerpiç yapıyı hava koşullarına karşı korur, eriyerek yok olmasını engeller [10].

Ahşap öğelerin sağlamlaştırılması konusu iki ana başlık altında incelenirse; bunlardan birincisi üzerine etkiyen yapı yüklerini karşılaması için yapılan müdahaleler, ikincisi ise sistemin stabilitesini artıran müdahalelerdir. Birinci durum için ahşap dösemelere uygulanan tekniklere değinilmiştir. Ahşap dösemeler genelde iki ve tek katlı yapılarda görülmektedir. Bu tür dösemeler için söz konusu iyileştirme yöntemi; genelde mevcut taşıyıcı dösemenin gözden geçirilip, taşıyıcılık özelliklerini yitirmiş parçaların değiştirilmesidir. Taşıyıcı vasfi istenilen özellikte olmayan döseme taşıyıcılık özelliklerinin iyileştirilmesi, mevcut malzemeden ya da dösemenin davranışına ters yönde hareket etmeyecek malzemeyle takviye edilmesiyle sağlanır. Ahşap kırışlı döseme, deprem anında binanın taşıyıcı elemanlarına yükü gerektiği gibi aktaramaması durumunda duvarlar kat yüksekliklerinin daha üstünde bir boyaya sahipmiş gibi davranışır. Bunun önlenmesi için çelik çubuk/profiller yardımıyla dösemenin altında X şeklinde bağlantılar yapılabilir. Yapılan müdahalelerle birlikte dösemeyi taşıyan ahşap kırışların sayısı da artırılabilir [10].

Taş öğelerin sağlamlaştırılması, bozulma sürecini geriye döndürmek olası olmamakla birlikte özel ayrıntıları rölyef, yazıt vb. yaşatmak amacıyla taşların sağlamlaştırılması uygulaması, özel kimyasal malzemelerin taşların yüzeyine püskürtülmesi ile yapılmaktadır. Sağlamaştırma yöntemi taşın türüne ve bozulma durumuna göre belirlenmelii, kullanılacak kimyasal malzeme taşın özgün yapısını değiştirmemelidir. Uygulamalarda kullanılan tamir harçları ve özelliklerinden bahsederek olursak, bunlar; doğal hidrolik kireç, yüksek sıcaklıkta ( $900^{\circ}\text{C}$  civarı) ısıtılan hidrolik kireç ile tane çapı 0 ile 3 mm arasında seçilmiş karbonat tozu ve zararlı olmayan inorganik mineral lif içerir. "Lif" deyimi, inorganik ve organik menşeli tabii ve suni iplik şeklindeki katı ve dayanıklı maddeler olarak açıklanabilir. Harçın yapışması ve priz süresini iyileştirmek için, yiğma yüzeyin önceden nemlendirilmesi tavsiye edilir. Katmanları oluştururken, eski zamanlarda olduğu gibi, istenen kalınlığa ulaşınca kadar, önceki katman sertleşmeden önce, her bir katman yaklaşık 1,5-2 cm kalınlığında olacak şekilde ve teker teker yapılmasında fayda vardır. Fresk sıvalarının ve mozaiklerin güçlendirilmesi için kullanılan grout harcı, içeriğinde çok saf hidrolik harcı ve doğal su tutucular bulunur. Sıva ve fresklerin güçlendirilmesi, çatlakların onarımı, duvar cepheinin onarımı, yapısal elemanlar ile duvarlar arasındaki sürekliliği sağlamak amacıyla yapılan restorasyon işlerinde sıkılıkça kullanılır. Duvar yüzeyindeki büyük boşlukları doldurmak amacıyla kullanılan grout harçının, tuğlalar, taşlar ve tuf ile mükemmel uyum sağladığı tecrübe edinilmiştir. Duvarların nem geçirgenliğini değiştirmediği, kullanıcılar tarafından özellikle belirtilmektedir [11].

### **Taşıyıcı Sistemin Sağlamaştırılması**

Zemin hareketleri, doğal afetler, uzun süreli doğal etkenler tarihi yapıların taşıyıcı sistemlerinde hasara neden olmaktadır. Günümüze kadar düşeyden ayrılma, çatlama gibi hasarlar payandalarla, gergilerle desteklenmiştir. Bugün ise taşıyıcı sistem sağlamlaştırma tekniklerine çelik, betonarme, lifli polimer, izolatör, enjeksiyon, ön germe, ankrat, temel genişletme ve sağlam zemine inen kazıklı temellerle destekleme gibi teknikler eklenmiştir [12].

Destekleme -payandalama, kemer, tonoz, kubbe gibi taşıyıcılar zemindeki aksaklılıklar, deprem gibi etkiler sonucunda eksenlerinden ayrılırlar, bunun neticesinde çatlaklar oluşur. Bu olumsuzluğu gidermek için köşelere, kemer mesnet hizalarına masif, ya da uçan payandalar ilave edilerek sağlamlaştırma yoluna gidilmiştir. Payandalama, günümüzde de uygulanan bir sağlamlaştırma yöntemidir. Payandaların duvar yüzeyine tek noktadan



uygulanan destekler biçiminde tasarlanması tehlikelidir; yan itkilerle zorlandığında payanda duvarı delerek hasar verebilir. Bu nedenle yastıklama yapılması, desteklerin geniş bir yüzey üzerine uygulanması tercih edilir. Payandaların cephelerin özel ayrıntılarının bulunduğu bölümlerine yerleştirilmemesine, bundan kaçınılmamıştır, cephe bezemelerinin zedelenmesini engelleyecek önlemlerin alınmasına özen gösterilmelidir. Çemberleme, bağlantı çubukları - gergi uygulanması, metal çemberlerle sarip sıkıştırma yöntemi, dağılma tehlikesi gösteren düşey taşıyıcı elemanlarda sık kullanılan bir sağlamlaştırma tekniğidir. Deprem, yangın gibi nedenlerle çatlayan sütunlar, ayrıca İstanbul'da örneklerine sıkça rastladığımız gibi camilerin son cemaat yerlerinde ya da iç mekanlarındaki sütunlar bu metodla sarılarak sağlanmıştır. Bugün de, tarihi yapıların taşıyıcı sistemleri deprem etkilerine karşı takviye edildiklerinde kuşaklama ve gergilerden yararlanılmaktadır [13].

### **Zeminin Sağlamaştırılması**

Tarihi yapılarda temel güçlendirilmesi işi çözümü zor olan bir yöntemdir. Çözüm için tarihi yapıdan gelen yüklerin daha geniş bir alana yayılması gereklidir. Bu yüzden mevcut temele yeni ilaveler yapılmalı ve yüklerin paylaşımı sağlanarak zemin gerilmeleri azaltılmalıdır. Ana kayaya oturan yapıların temellerinde oluşabilecek yanal deformasyonları, açılaları ve kaymaları önlemek için temel çevresinin dolgu ile sıkıştırılması yeterlidir [14].

Sıvılaşmaya eğimli olan, kararsız zeminlerde ise özellikle deprem sırasında yapıda büyük deplasmanlar, mukavemet ve rıjilik kaybı olumsuzlukları doğar. Bu olumsuzlukların ortadan kaldırılacak önlemlerin alınabilmesi için sıvılaşmanın yol açacağı zemindeki mukavemet kaybı/rıjilik azalması gibi olumsuzlukların giderilmesi için zemin, drenajla veya kimyasal enjeksiyonu ile sağlanabilir. Zemine ve kayaya enjeksiyon yapılarak boşluklar tamamen veya kısmen doldurulur. Bu sayede danelerin kenetlenmesi sağlanarak şekil değiştirme direnci artırılır. Enjeksiyon yapılan zeminin mukavemeti, zeminin ve enjeksiyon karışımının özelliklerine bağlıdır. Önceleri enjeksiyon malzemesi olarak kıl, puzolan, hidrolik kireç kullanılırken, kimya endüstrisinin gelişimiyle de, iri taneli kumlarda asfalt emülsiyonu enjeksiyonu, dolgun kumlarda karpamit polimer enjeksiyonu, doygun kumlarda ve lös zeminlerde cam suyu enjeksiyonu gibi yöntemler kullanılmıştır [13].

### **Duvarların Onarımı**

Temeldeki hareketler, zayıf malzeme, çekme kuvveti veya termal hareketler sonucu oluşan hasarlar, duvarlarda çatlak, şisme, düşeyden sapma, malzemede bozulmalar, kısmi yıkılmalar olarak ortaya çıkmaktadır. Bir yapının sağlamlığında onu oluşturan ana malzemeler kadar, onları bir arada tutan bağlayıcı malzemenin de önemi vardır. Geleneksel yapım tekniğinde "harç" olarak tanımlanan bağlayıcı malzeme, yapılarda duvarın örgüsünde kullanılan duvar harcı ve örgüden sonra taş ve tuğla yüzeylerdeki derzleri örtmek için kullanılan derz harcı olarak görülür. Coğunlukla kireç kökenli olan harçlara, kullanıldığı yere bağlı olarak kiremit ve taş kırıkları da katılmakta ve böylece harcin tutucu özelliği artırmaktadır. Zayıf duvar örgüsü veya aşırı yük nedeniyle duvarlarda genişleme yani şisme olabilir. Duvarda bir yana doğru şisme varsa var olan duvarın iç ya da dış tarafındaki yıkılmamış yanı kalıp olarak kullanılarak yıkılan yüz yeniden teşkil edilir [14].

### **Taş Malzemenin Güçlendirilmesi ve Eksik Taşların Tamamlanması**



Taş malzeme diğer malzeme türlerine göre her ne kadar daha dayanıklı olsa da bazı etkenler sonucunda özelliklerini yitirebilmektedir. Mevcut taşların sağlamlaştırma malzemesi kullanılarak onarılması mümkün olmadığından yeni malzeme ile değiştirilmesi gerekmektedir. Taşların yenilenmesi ve tamamlanması doğal taslar ve suni taşlar kullanılarak iki şekilde yapılabilir. Fakat bu uygulamalarda onarım, ilke ve belirtme teknikleri dikkate alınarak yapılmalıdır. Sağlamaştırma yapılmadan önce, taş malzemenin yüzeyi derinlemesine temizlenmeli, gözeneklerdeki tuzlar malzemeden uzaklaştırılmalıdır. Sağlamaştırıcı maddeler taşta var olan çok küçük yarıkları ve çatlakları doldurabilmektedirler. Eğer daha büyük çatlaklar varsa bunlar dolgu maddeleri ile doldurularak tamamlanmaktadır. Sağlamaştırmada önemli olan, sağlamlaştırıcı maddenin taşın içindeki gözeneklerin en derinine kadar inmesidir [15].

### ***Yenileme***

Zamanla değişen yaşam biçimimi ve ona bağlı istekler nedeniyle birçok tarihi yapı özgün işlevini yitirmekte, ilk yapılış amacından farklı bir işlevle hizmet etmek için uyarlanmaktadır. Çevresel özellikleri nedeniyle korunması istenen yapıların yeniden kullanılımalarında, yeni işlevin dış görünümü bozmadan gerçekleştirilmesi arzu edilir. Yangın, bakımsızlık nedeniyle döşeme ve tavanlarını yitirmiş ve ilk tasarıma ait yeterli veri bulunamayan 2.grup yapılarda, yeni bir iç düzenleme yapılmasına izin verilebilir. Çok önemli plan ve iç mekan değerlerine sahip olan yapılarda ise yeni kullanıma elverişli, serbest iç düzenlemeler uygulanmaktan çok tarihi mekanların anısını sürdürmenin düzenlemelere gidilmesi uygun olur [16].

### ***Yeniden Yapım***

Tarihi bir yapının tipkisini inşa etme uygulaması, tarihi açıdan bir anlam taşımasa da, bir yapım tekniğini sürdürme, geleneği yaşatma bakımından korumaya yönelik olabilmektedir. Bir kopya, tarihi yapının kütle ve mekanlarını ancak biçimsel olarak canlandırabilir, orjinalinin yerini alması olanaksızdır; kısaca tarihi değer taşımaz. Bazı durumlarda yeniden yapma gitmek kaçınılmaz olabilir. Yeniden yapımı olanaklı kılacak teknik verilerin, fotoğraf, rölöve ve benzeri grafik belgelerin var olması gereklidir. Bir kentin siluetinin önemli bir parçası, tarihi bir kompozisyonun ögesi olan yapıların yeniden yapılması gerekebilir [17].

### ***Temizleme***

Tarihi ve estetik değer taşımayan eklerden arındırma, iç ve dış cephe üzerinde yapılan mekanik ve kimyasal işlemlere temizleme denir. Kaldırılacak eklerle ilgili karar verme yetkisi Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu'na aittir. Kaldırılması istenen yapısal ekler farklı bir gösterimle plan, kesit ve görünüş rölöve paftalarına işlenir ve temizlik sonrası durum öneri proje olarak Kurul'a sunulur. Yetkili Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu'ndan onay alındığı takdirde, ekler kaldırılabilir. Temizleme işleminden önce ve işlem sırasında fotoğrafik belgeleme yapılmalıdır Tarihi binaların cephelerinin temizliği, dikkatli yapılması gereken bir işlemidir; özensiz yapıldığında yüzeye zarar verir, bozulmayı hızlandırır. Temizliğin hangi teknikle yapılmasının uygun olduğuna karar verilebilmesi için önce cepheyi oluşturan malzemenin türü, kir tabakasının niteliği, yüzey bozulmaları ve yapının bulunduğu ortamın özellikleri incelenir. Temizleme işlemi



sırasında yalnız kir tabakasının kaldırılmasına, taş veya tuğla yüzeyin tahrip edilmemesine özen gösterilmelidir. Ev ve fabrika bacalarından çıkan kurum ve iş, otomobil egzoslarından çıkan zehirli gazlar havayı kirletir ve binaların cephelerinin kararmasına neden olurlar. Koyu bir kir tabakası mimari güzellikleri gizler. Cephe temizliği turizm açısından da önemlidir. Bakımlı, temiz cepheli tarihi çevreler daha çekici olduklarından, Londra, Paris, Roma gibi kentlerde cephe temizlikleri periyodik olarak ele alınmaktadır. Cephe temizliği, kendi içerisinde mekanik, kimyasal temizlik, suyla yıkama, emici kil ve kağıt hamurları uygulama, emici jeller uygulaması olarak sınıflandırılabilir. Cephe temizliğinde dikkat edilmesi gereken nokta, kullanılan malzemelerin asidik özellikte olup olmadığıdır. Yapı taşları bazik özellikte olduğundan asit, taşın dış yüzeyindeki tarihi tabakayı yok ederek taşın korunmasız kalmasına neden olur. Bu da cephenin daha kısa bir sürede bozulmasına ve dağılmasına neden olur [18].

### **Taşıma**

Taşıma işlemi, tarihi yapının boyutlarına, malzemesine ve yapım tekniğine uygun metodlarla yapılmalıdır. En kolay ve tercih edileni, tarihi yapının tüm elemanlarının numaralandıracak sökülmesi, başka bir yerde kurulmasıdır. Ahşap yapılar bu uygulama için çok elverişlidir. Yerinde korunamayacak taş yapılar, taşınmadan önce ayrıntılı rölöveleri yapılır ve fotoğrafları çekilir, iç ve dış cepheler üzerindeki her taş sırası ve her taş numaralandırılır; taşların birbirleriyle ilişkisini göstermek üzere her sırayı kat eden yatay ve her taşın komşularıyla ilişkisini belirleyen düşey çizgiler çizilir; genel durum ve ayrıntı fotoğrafları çekilir. Sonra yapı özenle sökülr ve yeni konumunda yatay sıralar karışmayacak biçimde düzenli olarak istiflenir. Söküm sırasında dağılan, yeniden kullanılamayacak durumda olan blokların yerine benzer malzemeden yenisini hazırlanır ve önceki numaralama düzene uygun olarak parçalar hazırlanan temel üzerinde birleştirilir. Bu teknik, kesme taştan yapılmış yapıların taşınmasında uygulanmaya elverişlidir. Moloz taşıla yapılmış binaları bu teknikle taşımak olası değildir. Söküm sırasında dağılan taşları tekrar aynı ilişkiler içinde birleştirmek çok zahmetli, hatta olanaksızdır. Tarihi yapının en az hasarla taşınmasına olanak veren bu teknik ileri mühendislik bilgisi gerektirir [19].

### **İncelenmiş Örnek Tarihi ve Geleneksel Yapılarda Yapılan Onarım ve Güçlendirme Çalışmaları**

Tarihi ve geleneksel Kayseri taşının renk ve mühendislik özellikleri az çok değişken olan örnekler, yillardan beri bölgede cami, külliye, kilise, bina gibi yapılarda kullanılmakta, özellikle dekoratif özellikleri itibarıyle ülkemizin diğer bölgeleri için de alternatif yapı taşı olabilecek potansiyele sahiptir. İgnimbiritlerin özgül ağırlıkları iç ve dış cephe döşemesi için uygundur. Yoğunlukları düşük olduğundan hafif yapı taşı olarak kullanımı, işlenmesi ve taşınması kolaydır. Ancak su emme oranının çok yüksek değerlere sahip olmasından dolayı, dış cephe kaplama malzemesi olarak uygun olmadığı belirlenmiştir. Bu yüzden, Kayseri yöresindeki Kızılkaya ignimbirtlerinin özellik bakımından yüksek dayanımı sahip olmadığı ve yapıtaşı olarak daha çok iç döşeme taşı olarak kullanılmasının uygun olabileceği belirlenmiştir [20].

### **Zincidere Mektebi Restorasyon Çalışmaları**

2012 yılında başlayan restorasyon çalışmalarında pek çok eksikle karşılaşılan projenin eksikliklerinin giderilmesi ve nitelikli bir restorasyon uygulaması yapılabilmesi için daha



güncel teknikler uygulanmıştır. Uygulama çalışmalarına devam edilerek çevre duvarı, yüzey temizliği, ahşap doğramalarının değiştirilmesi, çürüyen eski dösemelerin söküllererek tavan ve zemin dösemelerinin yapılması, orijinal yüzeylerin ortaya çıkarılması ve koruyucu uygulamalarının yapılması, siva, alçı ve boyasıının yapılması ve güçlendirme çalışmalarının tamamlanmasının ardından elektrik ve kalorifer tesisatları montajlarının yapılmasıyla birlikte çalışmalar 2012 yılı sonu itibarıyle tamamlanmıştır. Tarihi kentin gelişmesine ve kalkınmasına çok önemli hizmet sunacak olan bu uygulamalar aynı zamanda geçmişindeki Zincidereyi yakalamanın ve yaşatma çalışmaların bir çıkış noktası olması yönüyle de önemlidir. Zincidere mektebinde çalışmalar tamamlanması ile birlikte Talas'ta örnekleri çoğalan nitelikli ve esaslı restorasyon uygulamalarına bir yenisi daha eklenmiştir. Restore çalışmalarının tamamlanmasının ardından, yapımızın işlevlendirilecek ve beraberinde Zincidere Mektebi önemli gezi duraklarından bir tanesi haline gelecektir [21].

### **Kaya Oyma İbadethane ( Tol Kilise ) Restorasyon Çalışmaları**

II-IV. yüzyillara tarihlendirilen yapı, tarihi kentimizin yeryüzündeki en eski yapı örneklerinden bir tanesi olup erken Hıristiyanlık döneminin bölgedeki büyülüklük anlamında en hacimli yapılarından bir tanesi olması yönüyle önemlidir. 02.12.2011 tarihinde restorasyon projeleri onaylanan yapının uygulama işleri için ihalesi yapılmasının ardından 24.09.2012 tarihinde uygulama işlerine başlanmıştır. Tol Kilise konum itibarıyle büyük bir kaya kütlesinde yer almaktadır. Bu kaya kütlesinin oyularak genişletilmesi yoluyla kaya içerisinde çeşitli bölümler elde edilmiştir. İlk inşasında kaya oyma olarak daha küçük bir yapı elde edilmiştir. Yapının mekânsal olarak kaya oyma biçimde oluşturulmasının ardından kayaç yüzeylerin kemer sistemleriyle güçlendirildiği bir yapı tekniğinde inşa edilmesi sebebiyle zaman içerisinde doğal ve insan kaynaklı etkenler sebebiyle pek çok kısım hasar oluşmuştur. Ancak tuf kayanın mukavemetinin zayıflığı sebebiyle zaman içerisinde meydana gelen hasarlar yapıda onarım-güçlendirme gereği anlaşılmıştır. Bu sayede biraz daha yükseltilen yapıya derinlemesine yönelen özellikler kazandırılarak dehliz biçiminde derinlemesine devam eden sıvri kemerlerle tuf kayaya destekleme yapılmıştır. Bu bağlamda, apsislerin bulunduğu bölümdeki kemer içlerindeki sonradan yapılan dolguların boşaltılarak cephenin onarım- güçlendirilmesi ve orijinaline uygun bir şekilde tamamlanması, taş döseme ve tamamlama işleri, püskürtme beton ve onarım-güçlendirme uygulamaları yapılarak kullanıma uygun hale getirilmiştir. Talas'ta önemli bir tarihsel doku içerisinde yer alan ve bulunduğu çevrenin de en eski yapılarından olması sebebiyle önemli bir yere sahip olan Tol Kilise korunması gerekli öncelikli yapılar içerisinde değerlendirilmiş ve projelendirilerek yeniden sosyal ve kültürel hayatı kazandırılması amaçlanmıştır. Tol Kilise bütün kaya oyma yapılarının korunmasında ve restorasyonunda öncü olarak bu tür yapıların gelecek kuşaklara aktarılmasında önemli bir noktada yer almaktadır [22].

### **Bülbül Hafız Konağı Basit Onarım Çalışmaları**

Geleneksel Talas Evleri özelliklerine sahip olan yapı, giriş kapısı üzerinde yer alan kitabesine göre 1812 yılında inşa edilmiştir. Ali Saip Paşa Caddesi Sağlıklendirme Projesi kapsamında onarım-güçlendirme görmesi amacıyla projelendirilen ve sağlıklendirme çalışmaları tamamlanan 52 yapıdır. Çalışmalar kapsamında yapılan uygulamaların sınırlı olması sebebiyle yapının işlevsel kullanımına yönelik, ihtiyaçlara cevap verebilecek nitelikte iç yapısında da çeşitli onarımlar yapılması gereğinden Koruma Uygulama ve



Denetim Büroları (KUDEB) tarafından 22.02.2012 tarihinde düzenlenen basit onarım izin belgesinde belirtilen izinler doğrultusunda onarım-güçlendirme çalışmaları yapılmıştır. Yapılan çalışmalar kapsamında, binadaki bütün taş ve ahşap yüzeylerde sonradan yapılmış sıva, boyacı ve badananın sökülmesi, orijinalinde boyalı yüzeylerin yeniden boyanması, zemin dösemelerde sonradan eklenen şapların sökülmesi, yapıya sonradan eklenen, orijinal olmayan ve taşıyıcı özelliği bulunmayan duvarların ve sonradan yapılan eklemelerin kaldırılması çalışmaları tamamlanmıştır [23].

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu araştırma kapsamında taşıyıcı bileşenler, hasar türleri ve değişiklik onarım-güçlendirme önerileri gerçek yapı örnekleri üzerinde incelenmiştir. Görüldüğü üzere tarihi eserlerin yapısal güçlendirmesi için hazırlanan projeler, aslında o yapının bundan sonraki yaşamına katılacak yapısal eklerin tasarımidır. Her yapının kendi özgün sorunu, konumu, fonksiyonu, malzemesi vb. özellikleri nedeniyle yapısal eklerin farklılaşması, her proje için özgün çözümler üretilmesi bu projelerin birer tasarım ürünü olduğunun açık kanıdır. Bu nedenle yapısal güçlendirme için genel geçer kurallar dizgesi oluşturulması mümkün olmayıp, bunun yerine bazı ana ilkeler belirlenmektedir.

Tarihi bir eseri güçlendirmek için herhangi bir yapısal ek tasarlanması gerekiğinde, bu ana ilkeler eserin yapısal sorunu ve özgün mimari değerleriyle birlikte yorumlanarak kullanılmalıdır. Aynı şekilde restorasyon projelerinde mühendisle birlikte çalışacak olan restoratör-mimarların da güçlendirme projesinin tasarımında görüş bildirebilecek düzeyde yapısal bilgi ile donanmış olmaları sağlanmalıdır.

Mühendislerin güvenlik konusundaki kaygılarını anlayabilecek düzeyde temel yük aktarma prensiplerini bilmeyen bir restoratörün yapısal güçlendirme projesinin tasarımına katkıda bulunabilmesi mümkün değildir. Tarihi yapılara yapılacak yapısal müdahalenin özenle hazırlanmış bir restorasyon projesi kapsamında olması gerekmektedir.

Bu çalışmada yapısal müdahalenin en alt düzeyde tutulması konusuna vurgu yapılmış, onarım-güçlendirmede kullanılan yöntemlerin etkinliği tartışılmıştır. Bu tür yapılar için verilen mühendislik hizmetinin, tasarım ömrü daha az olan günümüz yapılarının tasarım ölçütleri ile sınırlanılmayacağı, düşey ve yatay yükler altında beklenen performans düzeylerinin daha farklı olacağı belirtilmiştir.

Tarihi yapılar, inşa edildikleri yörenin olanaklarına ve geleneklere bağlı olarak kerpiç, tuğla, ağaç, taş gibi doğal kökenli malzemelerle yapılmışlardır. Zamanla meydana gelen, doğal ve yapay etkenlerle bu malzemelerde bozulmalar oluşur. Kerpiç malzemenin sağlamlaştırılması, eski koruma uygulamalarında, kerpiç üzerine zift sürünlerek ya da üstleri harçla sıvanarak korunmaya çalışılmıştır. Kerpiç malzemenin renk ve dokusuna uyum sağlama bu yöntem günümüzde terkedilmiştir. Günümüzde kerpiç kalıntıları, binlerce yıldır Anadolu'da uygulandığı gibi, sürekli bakım yöntemiyle, çamur harcı ile sıvanarak korunuyor. Yenilenebilir olan bu sıva, kerpiç yapıyı hava koşullarına karşı korur, eriyerek yok olmasını engeller.

Zemin güçlendirilmesi işi çözümü zor olan bir yöntemdir. Çözüm için tarihi yapıdan gelen yüklerin daha geniş bir alana yayılması gereklidir. Bu yüzden mevcut temele yeni ilaveler yapılmalı ve yüklerin paylaşımı sağlanarak zemin gerilmeleri azaltılmalıdır. Ana kayaya oturan yapıların temellerinde olusabilecek yanal deformasyonları, açılmalari ve kaymaları önlemek için temel çevresinin dolgu ile sıkıştırılması yeterlidir. Sıvılaşmaya eğimli olan, kararsız zeminlerde ise özellikle deprem sırasında yapıda büyük deplasmanlar, mukavemet ve rijitlik kaybı olumsuzlukları doğar. Bu olumsuzlukların ortadan kaldıracak önlemlerin alınabilmesi için sıvılaşmanın yol açacağı zemindeki mukavemet kaybı/rijitlik azalması



(kayıbı) gibi olumsuzlukların giderilmesi için zemin, drenajla veya kimyasal enjeksiyonu ile sağlamlaştırılabilir.

Duvarların onarımı yapılrken temeldeki hareketler, zayıf malzeme, çekme kuvveti veya termal hareketler sonucu oluşan hasarlar, düşeyden sapma, malzemede bozulmalar, kısmi yıkılmalar olarak ortaya çıkmaktadır. Bir yapının sağlamlığında onu oluşturan ana malzemeler kadar, onları bir arada tutan bağlayıcı malzemenin de önemi vardır. Geleneksel yapım tekniğinde "harç" olarak tanımlanan bağlayıcı malzeme, yapılarda duvarın örgütünde kullanılan duvar harcı ve örgüden sonra taş ve tuğla yüzeylerdeki derzleri örtmek için kullanılan derz harcı olarak görülür. Zayıf duvar örgüsü veya aşırı yük nedeniyle duvarlarda genişleme yani şişme olabilir. Duvarda bir yana doğru şişme varsa var olan duvarın iç ya da dış tarafındaki yıkılmamış yan kalıp olarak kullanılan malzeme yıkılarak yeniden yapılmalıdır.

Taş malzeme diğer malzeme türlerine göre her ne kadar daha dayanıklı olsa da bazı etkenler sonucunda özelliklerini yitirebilmektedir. Mevcut taşların sağlamlaştırma malzemesi kullanılarak onarılması mümkün olmadığından yeni malzeme ile değiştirilmesi gerekmektedir. Sağlamaştırma yapılmadan önce, taş malzemenin yüzeyi derinlemesine temizlenmeli, gözeneklerdeki tuzlar malzemeden uzaklaştırılmalıdır. Sağlamaştırma maddeler taşıta var olan çok küçük yarıkları ve çatlakları doldurabilmektedirler. Eğer daha büyük çatlaklar varsa bunlar dolgu maddeleri ile doldurularak tamamlanmalıdır. Sağlamaştırmada önemli olan, sağlamlaştırıcı maddenin taşın içindeki gözeneklerin en derinine kadar inmesidir. Bu sayede sağlamlaştırma işlemi en iyi şekilde yapılmış olacaktır.

Yenileme ile zamanla değişen yaşam biçimimi ve ona bağlı istekler nedeniyle birçok tarihi yapı özgün işlevini yitirmekte, ilk yapılış amacından farklı bir işlev hizmet etmek için uyarlanmaktadır. Çevresel özellikleri nedeniyle korunması istenen yapıların yeniden kullanımlarında, yeni işlevin dış görünümü bozmadan gerçekleştirilmesi arzu edilir. Çok önemli plan ve iç mekan değerlerine sahip olan yapılarda ise yeni kullanıma elverişli, serbest iç düzenlemeler uygulanmaktan çok tarihi mekanların anısını sürdürmenin düzenlemelere gidilmesi uygun olur.

Tarihi bir yapının tipkisini inşa etme uygulaması, tarihi açıdan bir anlam taşımasa da, bir yapım tekniğini sürdürme, geleneği yaşatma bakımından korumaya yönelik olabilmektedir. Bir kopya, tarihi yapının kütle ve mekanlarını ancak biçimsel olarak canlandırabilir, orjinalinin yerini alması olanaksızdır; kısaca tarihi değer taşımaz. Bazı durumlarda yeniden yapma gitmek kaçınılmaz olabilir. Yeniden yapımı olanaklı kılacak teknik verilerin, fotoğraf, rölöve ve benzeri grafik belgelerin var olması gereklidir. Bir kentin önemli bir parçası tarihi bir kompozisyonun ögesi olan yapıların yeniden yapılması gerekebilir.

## KAYNAKLAR

- [1] DEĞİRMENCİ, İ., SARIBİYIK, M. (2015) "Tarihi Yapıların Güçlendirilmesinde Yenilikçi Yaklaşımlar ve FRP Malzemelerin Kullanımı", ISITES2015 Valencia –Spain.
- [2] MAHREBEL, H.A. (2006) "Tarihi Yapılarda Taşıyıcı Sistem Özellikleri, Hasarlar, Onarım ve Güçlendirme Teknikleri", İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [3] AKÖZ, F. (2005) "Yığma Kagir Yapılarında Hasar Tespiti", YDGA2005, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- [4] EKİŞİ, D. and AKÖZF.(2004) "A System Approach for Examination and Determination in Historical Buildings, Proceedings of the Fourth International Seminar on Structural



- Analysis of Historical Constructions”, Possibilities of Numerical and Experimental Techniques, November 10-13, Vol.1, Padova, Italy, 95-102.
- [5] GÜNER, Y., EMRE, Ö. ve BAŞ, H. (1984) “Erciyes Yanardağı’nın Jeolojisi ve Jeomorfolojisi. MTA Temel Araştırmalar Dairesi Başkanlığı”, Ankara, MTA Rapor Numarası: 7550, 7-72.
- [6] MOROPOULOU, A., BAKOLAS, A. BISBIKOU, K.. (2000) “Investigation of the Technology of Historic Mortars”, Journal of Cultural Heritage.
- [7] TEMEL, A., Gündogdu, M.N., Gourgaud, A., PENNEC, J.L., (1998) “Ignimbrites of Cappadocia(Central Anatolia”, Turkey: petrology and geochemistry. J. Volcanol. Geotherm. Res. 85, 447-471.
- [8] TOPAL, T. (2001) “Nokta yükleme deneyi ile ilgili uygulamada karşılaşılanproblemler”, Jeoloji Mühendisliği dergisi 24 (1).
- [9] BATUM, İ. (1978) “Nevşehir Güneybatı’sındaki Göllüdağ ve Acıgöl YöresiVolkanitlerinin Jeolojisi ve Petrografisi”, Hacette Üniversitesi Yer BilimleriDergisi, Ankara, Cilt:4. Sayı: 1-2. 102 s.
- [10] Şanlıurfa İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, (2003) “Turizm Envanteri”, Şanlıurfa.
- [11] DENEL, S. (1982) “Batılılaşma Sürecinde İstanbul’da Tasarım”, Dış MekanlardaDeğişim ve Nedenleri, ODTÜ Yayınevi, s.XL-XLV. Ankara.(EbniyeBeyannamesi, 28 Zilhicce 1264/1848).
- [12] BAYÜLKE, N. (2002) Yapıların Deprem Titreşimlerinden Yalıtımı, Sistem Ofset Yayınları, İstanbul
- [13] SARAÇ, M. (2003) “Tarihi Yığma Kargir Yapıların Güçlendirilmesi”, Yüksek LisansTezi, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- [14] DİNÇOL A.M. (1982) “Hititlerden Önceki Anadolu”, Anadolu Uygarlıklar Ansiklopedisi, Görsel Yayın, 1, 12-16s.
- [15] TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, (1995) “Repair and strengtheningof reinforced concrete, stone and brick-masonry buildings”, 3. Ulusal DepremMühendisliği Konferansı, İstanbul, 101-105.
- [16] BAHTIYAR M., (1998) “Restorasyonda Strüktürel Sorunlar”, Y.Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 1-23, 43-53, 67, 70-76.
- [17] MÜCAHİT, N. (2001) “Tarihi Yapıların Temel Sistemleri ve Temel TakviyesiYöntemleri”, Y.Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 69-112,132-135.
- [18] YAVUZ, U.C. (2012) “Tarihi Yapılarda Statik Güçlendirme Teknikleri” Uzmanlık Tezi, T.C. Kültür Ve Turizm Bakanlığı Kültür Varlıklar ve Müzeler Genel Müdürlüğü Ankara Rölöve Ve Anıtlar Müdürlüğü, Ankara.
- [19] TOĞROL, E. (1994) Temel Takviyesi Yöntemlerine yeni bir bakış, Zemin Mekaniğine Temel Mühendisliği V. Ulusal Kongresi, ODTÜ, Ankara, cilt III,887-917.
- [20] TURĞUT. P., YEŞILNACAR. M.İ., BULUT. H. (2006) “Yapı Malzemesi Olarak Urfa Taşı’nın Mekanik, Fiziksel Ve Teknolojik Özelliklerinin Tespiti”, TÜBİTAK, Mühendislik Araştırma Grubu, PROJE NO: MAG-104I084.
- [21] FERNANDES, F. (2006) “Focus: old clay brick masonry material, ancient andhistorical constructions, structural analysis, destructive and non-destructivetesting, GPR tomography”,Ph.D thesis, University of Minho Guimares,Portugal
- [22] AKMAN, S. (2003) Yapı Malzemelerinin Tarihsel Gelişimi, TMH TürkiyeMühendislik Haberleri, 426(2003/4).
- [23] Talas Belediyesi,(2012) Plan ve Proje Müdürlüğü, Faaliyet Raporu



## THE EFFECTS OF NATURAL POZZOLANES ON SUSTAINABLE CEMENT PRODUCTION

Yrd. Doç. Dr. Hadaan PEHLİVAN  
Kilis 7 Aralık Üniversitesi  
[hadaantaban@kilis.edu.tr](mailto:hadaantaban@kilis.edu.tr)

Öğr. Gör. Mahmut AYTEKİN  
Kilis 7 Aralık Üniversitesi  
[mahmutaytekin@kilis.edu.tr](mailto:mahmutaytekin@kilis.edu.tr)

**ABSTRACT:** It is necessary to protect the structural and architectural characteristics of concrete, which is the most widely used building material of today, over time. This phenomenon, which is expressed as durability, is defined as the resistance of concrete to internal and external physical, chemical or physicochemical effects. The concept of making reinforced concrete structures according to durability rather than strength is becoming more and more important today. Concrete; aggregate-cement clay and aggregate-cement clay are considered as a material consisting of the contact surface, it is revealed that the interface is the weakest ring. The key to the development of concrete technology is the strengthening of the interfaces between the cement clay and the aggregate. Inorganic materials with binding properties for sustainable eco-friendly applications by reducing cement cost and consumption can be used in cement production. Additive cement has achieved much less energy consumption than portland cement and has a wide use in the building sector due to its additional technological contributions. When natural pozzolans are used as an additive in cement production, the reaction of the clinker with water leads to the lime pozzolanic reaction, which eventually becomes open, and the pozzolan to gain binding properties. While natural pozzolans cause the permeability of added cements to be low, they also make them more resistant to chemical effects such as sulphate effect than portland cements. The long term strength of concretes produced from natural pozzolanic cements is related to  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$  content. In the short term, the specific surface area is effective at first degree in terms of strength. Fine-grained natural pozzolans are more active than non-pozzolanic natural pozzolans may be associated with the micro-porous structure in general. Micro-porosity reactively reacts with the lime in the environment through reaction on the surface of the controlled grain surface to form binding gel. The chemical reactions of concrete, which is a composite material, and the reinforcement steel, which is an alloy, in different environments are quite complex compared to many materials, because the interface is very variable. At the same time, it is necessary to investigate in detail the chemical reactions occurring due to various effects on the concrete-atmospheric interface due to the use of reinforced concrete materials in highly variable environments, depending on time and environment.

**Key words:** Concrete; cement; natural pozzolan; durability; interface; sustainability

## DOĞAL PUZOLANLARIN ÇIMENTO KİMYASI VE SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇIMENTO ÜRETİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ

**ÖZET:** Günüümüz en yaygın kullanılan yapı malzemesi olan betonun zaman içinde yapısal ve mimari karakteristiklerini koruması gerekmektedir. Dayanıklılık olarak ifade edilen bu olay betonun iç ve dış fiziksel, kimyasal veya fizikokimyasal etkilere karşı direnç göstermesi şeklinde tanımlanmaktadır. Betonarme yapıların tasarımında önceliğin



dayanımdan çok durabiliteye göre yapılması anlayışı günümüzde giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Beton; agregat-çimento hamuru ve agregat-çimento hamuru temas yüzeyinden oluşan bir malzeme olarak düşünülürse en zayıf halkanın ara yüzeyler olduğu ortaya çıkar. Beton teknolojisindeki gelişmenin anahtarı çimento hamuru ile agregat arasındaki ara yüzeylerin güçlendirilmesidir. Çimento maliyeti ve tüketimini azaltarak sürdürülebilir çevre dostu uygulamalar için bağlayıcı özelliğe sahip inorganik malzemeler katkılı çimento üretiminde kullanılabilir. Katkılı çimento, portland cimentosuna göre çok daha az enerji tüketimi sağlamaası ve ilave teknolojik katkılarından dolayı yapı sektöründe geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Doğal puzolanlar çimento üretiminde katkı maddesi olarak kullanıldığında, klinkerin su ile reaksiyonu sonucu açığa çıkan kireç puzolanik reaksiyonun meydana gelmesini, puzolanın bağlayıcı özellik kazanmasını sağlar. Doğal puzolanlar, katkılı cimentoların geçirgenliğinin düşük olmasına neden olurken, portland cimentosuna göre de sülfit etkisi gibi kimyasal etkilere karşı daha dayanıklı olmalarını sağlamaktadır. Doğal puzolan katkılı cimentodan üretilen betonların uzun dönemde dayanımı  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$  içeriği ile ilişkilidir. Kısa dönemde ise özgül yüzey alanı dayanım açısından birinci derecede etkilidir. İnce taneli doğal puzolanların, olmayanlara göre daha aktif olmaları genel olarak mikro-gözenekli yapıyla ilişkilendirilebilir. Mikro-gözeneklilik difüzyon kontrollü tane yüzeyinde meydana gelen reaksiyon yoluyla ortamda kireçle etkin bir şekilde reaksiyona girerek bağlayıcı jeller oluşturmaktadır. Kompozit bir malzeme olan beton ve bir alaşım olan donatı çeliğinin farklı ortamlardaki kimyasal reaksiyonları, ara yüzeyin çok değişkenli olması nedeni ile birçok malzemeye göre oldukça karmaşıktır. Aynı zamanda betonarme malzemenin çok değişkenli ortamlarda kullanılması nedeni ile beton-atmosfer ara yüzeyinde çeşitli etkilere maruz kalarak oluşan kimyasal reaksiyonlarının, zamana ve çevreye bağlı olarak daha detaylı araştırılması gereklidir.

**Anahtar Kelimeler:** Beton; çimento; doğal puzolan; dayanıklılık; ara-yüzey; sürdürülebilirlik

## GİRİŞ

Betonun en önemli mekanik özelliği basınç dayanımıdır. Dayanıklılık ise beton ve veya betonarme yapının zaman içinde özelliklerini kaybetmemesidir. Betonun dayanıklılığını azaltan ve çeşitli hasarlara neden olan etkenler incelendiğinde, kimyasal etkenlerin önemli olduğu görülür. Son yıllarda beton kavramının değişimeye başlamasıyla, sadece yüksek dayanıma sahip beton üretimin yeterli olmadığı aynı zamanda uzun süre dayanıklılığını koruyan beton üretimine yönelik gerektiğini ortaya koymuştur.

Puzolanlar, doğal ve yapay olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Doğal puzolanlar, çoğunlukla genç volkanik kayalardır. Yapay puzolanlar, kömürlü güç santralleri tarafından üretilen kül içermektedir. Bu malzemelerinin çoğunu, puzolanik özelliğe sahip olanlar meydana getirmektedir. Puzolanlar, su ile karıştırıldıklarında çimento klinkeri gibi sertleşmeyip, sönmüş kireç ve su ile beraber çimento özelliği gösteren suda çözünmeyen bileşikler oluşturan malzemelerdir. Çimento ile puzolanın sulu karışımında ortamda bulunan kireç çimentodan gelmektedir [1].

Çimento üretiminde kullanılan katkı malzemelerinin çoğunluğunu, puzolanik özelliğe sahip olanlar meydana getirmektedir. Silisli veya silisli ve alüminli yapıda olup kendi başlarına bağlayıcı özelliğe sahip olmayan, ancak ince öğütülmüş halde, normal sıcaklıkta ve rutubetli ortamlarda sönmüş kireçle reaksiyona girip bağlayıcı özelliğe sahip bileşenler



oluşturan malzemeler puzolanlar veya puzolanik malzemeler olarak isimlendirilmektedir [2].

Doğal puzolanlar çok eski çağlardan bu yana sönmüş kireçle birleştirilerek özellikle su altında dayanıklıbeton yapımında kullanılmıştır. Günümüzde ise Portland çimentosunun üretiminde, kimyasal etkilere karşı dayanıklı ayrıca çevre dostu olan doğal ve yapay puzolanlar mineral katkı maddesi olarak kullanılmaktadır.

## Puzolanlar

Eski Mısır'da tuğlanın (pişmiş kil) öğütülerek kirece katılması düşünülmüştür. Bu yöntemle elde edilen harca "horasan harcı" denilmektedir. Osmanlılar bu harcı geniş ölçüde ve bilinçli olarak kullanmışlardır. Avrupa'da ise Romalılar Napoli civarındaki Puzzuoli kasabasının toprağından yararlanmışlardır. Puzolan sözcüğü bu kullanımından kaynaklanmaktadır. Almanlar puzolana "tras" demektedirler, ülkemizde de bu deyim yaygındır ve standartlarımıza geçmiştir [3]. Puzolanlar, doğal olarak meydana gelen malzemeleri (başlıca volkanik orijinli malzemeler) ve yapay malzemeler olan kül, YFC vb. malzemeleri kapsamaktadır [4].

19. yüzyılın sonlarında Portland Çimentosunun keşfedilmesiyle puzolanik çimentonun pratik kullanımında azalma görülmüştür. Ülkemizde, 1950 yılından sonra PC ile puzolanik madde kombinasyonlarının kullanılması ile beton ve harçların bağlayıcılık özelliklerinde etkili yararlar görülmüş ve puzolanlar, çimento malzemesi olarak kabul edilmiştir [5].

Puzolan volkanik orijinli doğal bir hammaddedir; temel olarak silis ve alüminyum oksitinden oluşmakta, eser miktarda kireç içermektedir. Trasın yalnız başına hidrolik bağlayıcı özelliği yoktur. Reaksiyona girmek için kirece gereksinim duyar ve bağlayıcı özelliklere sahip ürün verir. Kireç ve silika arasında meydana gelen reaksiyon puzolanik reaksiyon olarak bilinir. Tras katkı maddesi olarak kullanıldığında, klinkerin su ile reaksiyonu sonucu açığa çıkan kireç puzolanik reaksiyonun meydana gelmesini, trasın bağlayıcı özellik kazanmasını sağlar. Doğal puzolanlar, katkılı çimentoların geçirgenliğinin düşük olmasına neden olurken, portland çimentosuna göre de sülfat etkisi gibi kimyasal etkilere karşı daha dayanıklı olmalarını sağlamaktadır [6].

Doğal puzolanların aktivitesi açısından özgül yüzeyin, kimyasal bileşiminin ve mineralojik yapının büyük rol oynadığı bilinmektedir. Genel olarak, puzolan tarafından bağlanan kireç miktarının aktif fazların yapısı, miktarı,  $\text{SiO}_2$  içeriği, karışımın kireç/puzolan oranı, kür süresine bağlı olduğu birçok araştırma tarafından doğrulanmıştır [7].

Doğal puzolan katkılı çimentodan üretilen yapıların uzun dönemde dayanımı  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$  içeriği ile ilişkilidir. Kısa dönemde ise özgül yüzey alanı dayanım açısından birinci derecede etkilidir [8].

## Doğal Puzolanlar ve Çimento Kimyası

Çimento, ilkel maddeleri kalker ve kil olan mineral parçalarını (kum, çakıl, tuğla, biriket vb.) yapıştırmada kullanılan bir malzemedir. Çimentonun bu yapıştırma özelliğini yerine getirebilmesi için mutlaka suya ihtiyaç vardır. Çimento birçok beton karışımında hacimce en küçük yeri işgal eden bileşendir; ancak beton bileşenleri içinde en önemlididir [9].



Beton teknolojisindeki gelişmenin anahtarı çimento hamuru ile agrega arasındaki ara yüzeylerin güçlendirilmesidir. Aynı zamanda betonarme malzemenin çok değişkenli ortamlarda kullanılması nedeni ile beton-atmosfer ara yüzeyinde çeşitli etkilere maruz kalarak oluşan kimyasal reaksiyonların, zamana ve çevreye bağlı olarak daha detaylı araştırılması gereklidir.

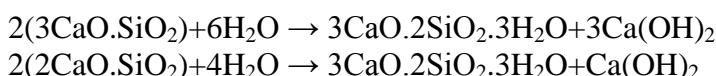
Dayanıklı bir beton, minimum boşluklu ve geçirimsiz, kimyasal etkilere çözülmeyen, aşınmayan bir betondur. Bütün bu nitelikler arasında geçirimsizlik özelliği, betonların dış etkilere karşı dayanımında en önemli rolü oynayan ve en çok sözü edilen özellikdir. Betonda geçirimlilik; basınçlı su geçirimliliği, kılcal su geçirimliliği ve buhar geçirimliliği olmak üzere üç farklı süreçle meydana gelmektedir [10].

Betonun permeabilitesi ve porozitesini azaltmak için agrega kalitesi ve granülometrisi uygun seçilmelidir. Çimento dozajı arttırıldığında beton yoğunluğu artar ve porozitesi azalır. Kullanılan çimento cinsi de önemlidir. Puzolanlı çimentolar beton boşluklarında bulunan serbest kireci silikat bileşikleri halinde bağlayarak beton boşluklarını doldurur. Böylece beton permeabilitesinde azalma meydana gelmektedir. Ancak puzolanların bu etkisi uzun süre içinde ortaya çıkmaktadır [11].

Betonun dayanıklılık problemleri genelde betonun geçirimliliği ile başlar. Betonun geçirimsiz olması durumunda, birçok dayanıklılık problemine yol açan su ve zararlı sıvılar beton içerisinde giremez. Dayanıklı bir betondan, iklim şartlarına, kimyasallara, ıslanma-kurumaya, ateşe ve aşınmaya karşı yeterli derecede dayanıklılık göstermesi beklenilmektedir. Beton, uygun karışım oranlarında, gereken şekilde karıştırılır ve yerleştirilirse, deniz suyunun çeşitli etkilerine karşı istenen sürede dayanıklılık kazanabilir. Bu etkiler arasında ıslanma-kuruma, sülfat etkisi, ısı değişimleri, donma-çözülme, betonarme demirlerinin paslanması, dalgaların dinamik etkileri sayılabilir [12].

Devamlı deniz seviyesi altında kalan beton, sık sık ıslanıp kuruyan deniz seviyesi üzerindeki betonlara göre daha az etkilenmektedir. Sıcak, tropik iklimlerde betondaki deniz suyu etkileri, ılıman iklimlere göre daha şiddetli olur. Betona gelecek zararlar, deniz suyu beton içine sızdiği zaman oluştugu için betonun geçirimsiz olması çok önemlidir [13]. Deniz suyu ile temas eden betonlara sülfat önemli derecede zarar vermektedir. Deniz suyunda mevcut olan bir başka kimyasal etki ise magnezyum iyon bileşikleridir. Magnezyum iyon bileşikleri betonun ıslanma-kuruması sırasında daha çabuk etkisini gösterir. Ayrıca agrega alkalileri de betonun deniz suyuyla temasında etkili rol oynamaktadır [10].

Portland çimentosu ile üretilmiş bir betonun boşluklarında bulunan su doygun kireç çözeltisi halinde olup, içinde az miktarda ham maddeden kaynaklanan alkali oksitleri ( $\text{Na}_2\text{O}$  ve  $\text{K}_2\text{O}$ ) bulunmaktadır ve yüksek alkali özellikle Portland çimentosundaki  $\text{C}_3\text{S}$  ve  $\text{C}_2\text{S}$  ana bileşenlerinin hidratasyonu sonucunda ortaya çıkan kalsiyum hidroksitler tarafından sağlanmaktadır.  $\text{C}_3\text{S}$  ve  $\text{C}_2\text{S}$ 'nin su içindeki hidratasyon reaksiyonları aşağıda verilmiştir [14].

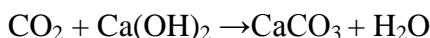




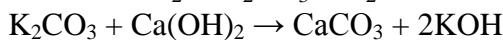
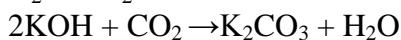
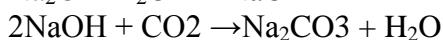
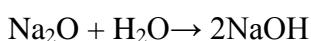
Bu reaksiyonlar sonucu açığa çıkan kalsiyum hidroksit beton boşluk suyu içinde çözünerek doygun çözelti haline gelir ve taze betonun pH derecesini 12'ye kadar çıkarır. Bu pH ortamında çelik pasif halde bulunur. pH değerinin 4,5'den düşük olmasının betona şiddetli kimyasal etki yaptığı bilinmektedir [15].

Fizikokimyasal bir süreç olan karbonatlaşma ise ortamın alkalinitesini düşürerek koruyucu oksit tabakasının tahrip olmasına neden olur. Betonun alkalinitesi, hidrate olmuş çimentonun içeriği  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ile sağlanır ve pH 12 civarındadır. Ancak  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  zamanla havadaki  $\text{CO}_2$  ile reaksiyona girerek  $\text{CaCO}_3$ 'e dönüşür ve pH 8'in altına düşebilir.  $\text{CO}_2$  konsantrasyonu arttıkça karbonatlaşma miktarı artmaktadır. Betonarme donatı üzerinde oluşan pasif tabaka, betonda karbonizasyon ve klor saldırısı sonucunda korunamaz ve donatı korozyonu ortaya çıkar [13].

Çimentolar hem bileşimleri hem de betondaki dozajı açısından karbonatlaşmayı etkiler.  $\text{CaO}$  çimento içerisinde %60-67 gibi bir yüzdeyle en fazla bileşim olma özelliğindedir. Özellikle bu bileşimin hidratasyonu sırasında oluşan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , karbondioksitin etkisi ile karbonatlaşacağı için kireç yüzdesi fazla olan çimentolarda karbonatlaşma daha fazla gerçekleşir. Ana bileşenlerin ( $\text{C}_3\text{S}$  ve  $\text{C}_2\text{S}$ ) her biri su ile ayrı ayrı reaksiyona girmelerinin ardından karbonatlaşma olayı aşağıdaki reaksiyonda verildiği gibi meydana gelir.



Kirecin dışında bir de karbonatlaşma olayını az miktarda bile olsa etkileyen ve çimento içerisinde %0,2-1,3 oranında bulunan alkaliler  $\text{Na}_2\text{O}$  (sodyum oksit) ve  $\text{K}_2\text{O}$  (potasyum oksit) vardır. Çimentoda %0,2-1,3 arasında bulunan bu iki bileşim su ile reaksiyona girerek ilk önce sodyum hidroksit ile potasyum hidroksit iyonlarını ve ardından havadaki  $\text{CO}_2$  ile birleşerek çok kolay çözülebilen potasyum karbonat ile sodyum karbonatı meydana getirirler. Kolay çözülebilen bu iki madde rutubetin durumuna göre çimento pastasındaki serbest kireç ile birleşerek son olarak zor çözülebilen kalsiyum karbonatın oluşmasına sebep olurlar. Bu olaylar sırasında oluşan reaksiyonlar aşağıda verilmiştir [16,17].



Klorür iyonlarının zararlı etkisi ancak beton içinde % 0,2'den fazla (4,5 kg  $[\text{Cl}]^-/\text{m}^3$ ) klorür bulunması halinde söz konusu olabilir. Korozyon için zararlı sayılan bu klorür konsantrasyonu sınır değeri tartışılmalıdır. Literatürde farklı sınır değerleri verilmektedir. Bunun nedeni betonarme donatı korozyonunun yalnız klorür konsantrasyonuna bağlı olmayıp, betonun rutubetine ve pH derecesine de bağlı olmasından kaynaklanmaktadır. Bir çok araştırmacı yalnız klorür limitinin değil  $[\text{Cl}]^- / [\text{OH}]^-$  oranının verilmesinin daha doğru olacağını ileri sürmektedir [18].

Betona klorürlerin etkisi başlıca  $\text{CaCl}_2$  gibi priz-hızlandırıcı katkılar, beton yapımında kullanılan deniz kumundan veya tuzlu ortamdan elde edilmiş olan agregalar, çimento, kışın



betonun üzerindeki buzlanmanın çözülmesi için kullanılan sodyum klorür, kalsiyum klorür gibi tuzlar ve deniz suyu kaynaklı olmaktadır [19].

Karma suunda toplam Cl<sup>-</sup> iyonlarının 500 ppm'i geçmedikçe zararlı etkisi olmadığı belirtilmektedir. Klorür tuzları çimento içindeki bileşenlerle etkileşerek büyük hacimli tuzları meydana getirir. Klorür tuzunun cinsine göre bu ürünler değişmektedir. Kalsiyum klorür su içinde az miktarda bulunursa prizi çabuklaştırmak suretiyle mukavemet artışını hızlandırır. Fakat kalsiyum klorür miktarı fazla olan sular çimentolar için zararlıdır. Magnezyum klorürün su içindeki konsantrasyonu % 5 -15 arasında olduğunda betonu tahrip etmektedir [20].

Çözelti içinde tuz konsantrasyonu arttıkça, korozyon hızı artar. Bu artış NaCl konsantrasyonu 75 g NaCl/kg çözelti değerinde maksimuma ulaşır ve bu değerden sonra tuz konsantrasyonu arttığı halde Şekil 2.6'da görüldüğü gibi korozyon hızı azalmaktadır. Bunun nedeni tuz konsantrasyonunun fazla olması durumunda oksijen çözünürlüğünün azalmasıdır, çözelti içinde yeteri miktarda oksijenin bulunmaması korozyon hızını düşürmektedir [15].

Yapı sistemlerine etki yönünden en tehlikeli suların saf sular, sülfat, klorür, nitrat gibi anorganik asitlerin tuzlarını içeren çözeltiler, asetik asit, laktik asit gibi organik asitli çözeltiler sayılabilir. Bu suların etkilenen beton yapılarında zamanın bir fonksiyonu olarak korozyondan söz edilmektedir. Beton korozif ortam etkilerine altında kaldığında, ortamda çözeltilerle çimento hidrasyon ürünleri Ca(OH)<sub>2</sub> ile 3CaOAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub> arasındaki reaksiyonlar sonucu yeni bileşikler oluşur. Bu reaksiyon ürünleri hacim genleşmesi ve beton yapısının çözülmesine neden olur. Bunun sonucu olarak beton özelliklerinde çözeltinin türüne, konsantrasyonuna, sıcaklığına ve etki süresine bağlı olarak olumsuz değişimler meydana gelir. Bu tip korozif problemleri en aza indirmek için alınacak önlemler; özel tip çimentolar ile beton üretmek, özel katkı maddeleri kullanmak veya her ikisini birlikte kullanarak beton üretmek şeklinde özetlenebilir. Puzolanlı çimentolar da betonla ilgili bu tür sorunlara belirli oranda çözüm getirmektedir. Puzolanın agresif ortamda daha dayanıklı oluşu; Ca(OH)<sub>2</sub>'in azalmış olması, ürünün düşük geçirgenliği, çimento jelinin farklı kompozisyonu, puzolanlı çimentoda oluşan etrenjinin kararsızlığı ile açıklanabilir [6].

Puzolanlar, kimyasal olarak çok miktarda aktif SiO<sub>2</sub> ve az miktarda Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO gibi oksitler içeren maddelerdir. Puzolanlar, çimentonun suya karşı dayanıklılığını olumlu yönde etkiler. Çimentonun içerisinde belirli miktarda puzolan ilave edilmesi, betonun plastikliğini artırır, su kusma ve çözülme olaylarını önler, hidrasyon ısısını ve betonun geçirgenliğini azaltır [21].

Beton; agrega, çimento hamuru ve agrega-çimento hamuru temas yüzeyinden oluşan bir malzeme olarak düşünülürse en zayıf halkanın ara yüzeyler olduğu ortaya çıkar. Beton teknolojisindeki gelişmenin anahtarı çimento hamuru ile agrega arasındaki ara yüzeylerin güçlendirilmesidir. Geçirimlilik ile betonun durabilitesi arasında sıkı bir ilişki vardır. Geçirimsiz ve boşluksuz bir beton üretimi ile donatı korozyonuna, asit, sülfat, don ve alkali reaktivitesine karşı gereken önlem alınmış olur [22].

### **Doğal Puzolanlar ve Sürdürülebilir Çimento Üretimi**

Sürdürülebilirlik, sadece yapay ve doğal çevrenin korunumunu değil, aynı zamanda canlı varlıkların ve kaynakların sürekliliğini de sağlamaktaadır. Sürdürülebilir yapı



malzemeleri, yaşam döngüleri boyunca minimum düzeyde enerji harcayan, hammaddeinin elde edilmesi, işlenmesi, kullanımı, bakım-onarım ve atık oluşumları sırasında çevreye ve insan sağlığınıza zarar vermeyen malzemelerdir [23,24].

Çimento üretiminin sebep olduğu CO<sub>2</sub> emisyonunun başlıca nedenleri kalsinasyon reaksiyonu ve yenilenemeyen fosil yakıtların kullanılmasıdır. Ülkemizin enerji ve yakıt ithalatçısı olduğu düşünülürse fosil yakıt kullanımının hem çevresel hem de ekonomik anlamda dezavantajlı olduğu gerçeği ortaya çıkmaktadır [25].

Bir yarı mamul olan klinker; kalsiyum oksit, silisyum oksit, alüminyum oksit, demir oksit ve çeşitli bileşenleri içermektedir. Kalker, kil ve demir cevherinin döner fırında 1450°C'de pişirilmesi sonucu klinker meydan gelmektedir. Çimento, klinkerin bir miktar alçıtaşı ile öğütülmesi ile elde edilir. Katkılı çimento üretmek için yüksek fırın cürüfu, uçucu kül, doğal puzolan gibi diğer bileşenler ilave edilmektedir. Çimento üretim prosesinde hammadde kullanımı ve enerji tüketimi oldukça yüksek seviyelerdedir. Bu nedenle çimento üretimine "enerji yoğun proses" denilmektedir [26].

Enerji tüketiminin önemli kaynaklarından biri olarak yapılar, enerji korunumu açısından anahtar rol oynamaktadır. Yapı sektöründe yapıların sadece kullanımında harcanan enerji miktarı, dünyadaki yıllık enerji tüketiminin %40'ını oluşturmaktadır [27].

Sürdürülebilir çimento üretimi için en önemli konular; alternatif hammadde kullanımı, alternatif yakıt kullanımı, enerji verimliliği, klinker kullanım oranının düşürülmesi olarak özetlenebilir. Çimento maliyeti ve tüketimini azaltarak sürdürülebilir çevre dostu uygulamalar için bağlayıcı özelliğe sahip inorganik malzemeler katkılı çimento üretiminde kullanılabilir. Katkılı çimento, portland çimentosuna göre çok daha az enerji tüketimi sağlaması ve ilave teknolojik katkılarından dolayı yapı sektöründe geniş bir kullanım alanı bulmuştur.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Sürdürülebilir çimento üretimi için en önemli konular; alternatif hammadde kullanımı, alternatif yakıt kullanımı, enerji verimliliği, klinker kullanım oranının düşürülmesi olarak özetlenebilir. Çimento maliyeti ve tüketimini azaltarak sürdürülebilir çevre dostu uygulamalar için bağlayıcı özelliğe sahip inorganik malzemeler katkılı çimento üretiminde kullanılabilir. Katkılı çimento, portland çimentosuna göre çok daha az enerji tüketimi sağlaması ve ilave teknolojik katkılarından dolayı yapı sektöründe geniş bir kullanım alanı bulmuştur.

## KAYNAKLAR

1. Rudolf, D., "Türkiye'deki Doğal Puzolanların Çimento Katkı Maddesi Olarak Kullanımı Üzerine İncelemeler", Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği, Ankara , 1984.
2. ASTM C 618, "Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Portland Cement Concrete", ASTM, Philadelpia , 1991.
3. Akman, M.S., "Yapı Malzemeleri", T.C. İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 1990, Sayı 1408.
4. Gani, M.S.J., "Cement and Concrete", Faculty of Engineering Monash University Clayton, Victoria, Australia, 1997, pp 83-90.



5. Okucu, A., Bigadiç ve Turnatepe (Balıkesir) Yörelerindeki Zeolitik ve Perlitik Tüflerin Puzolanik Özellikleri. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Balıkesir, 1998, syf 1-54.
6. Massazza. F., "Pozzolanas and Durability of Concrete", Çimento ve Beton Dünyası, *Journal of TCMB*, Ankara, 1999.
7. Hewlett, P.C., "Lea's Chemistry of Cement and Concrete", John Wiley and Sons Inc , Fourth Edition, New York, 1998.
8. Costa. U., Massazza. F., "Factors Affecting the Reaction with Lime of Italian Pozzolanas", II Cemento, Italy, 131-139, 1981.
9. TÜRKİYE HAZIR BETON BİRLİĞİ, "Beton Kullanıcıları İçin Teknik Bilgiler Kılavuzu", Kavacık – İstanbul, 2015. 40 s.
10. Akman, M.S., "Deniz Yapılarında Beton Teknolojisi", İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul, 1992.
11. Şimşek, O., "Beton ve Beton Teknolojisi", Seçkin Yayınevi, Ankara, 2007, syf 1-50.
12. Baradan, B., Yazıcı, H., "Betonarme Yapılarda Durabilite ve TS EN 206-1 Standardının Getirdiği Yenilikler", Türkiye Mühendislik Haberleri, 426(4):62-69, 2003.
13. Akman, M.S. ve Özyurt, N., "Beton Kıyı Yapılarında Denizin Geçirimsizlik Üzerine Etkisi", Kıyı Mühendisliği Bildiri Notları, İMO Ankara, 2002.
14. Page, C.L., Treadaway, K.W.J., "Aspects of the Electrochemistry of Steel in Concrete Nature", 1982, pp 109-117.
15. ACI Report, " Mechanism of Corrosion of Steel in Concrete", Report ACI Commite 222 Title No: 82-1, ACI Journal, 1985, 82:1-35.
16. Akman, M.S., "Betonlarda Karbonatlaşma ve Yeniden Alkalizasyon Süreçleri", Türkiye İnşaat Mühendisliği 14. Teknik Kongresi, İMO İzmir Şubesi, 26, 1997.
17. Yazıcı, H., "Accelerated Carbonation Test of Concrete", Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 1997.
18. Stratfull, R.F., "How Chloride Affect Concrete Used with Reinforced Steel", Material Protection, 7(3):29-34, 1968.
19. Erbil, M., "Korozyonun Önlenmesi", Çukurova Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü, V. Korozyon Sempozyumu, Adana, 1996, syf 224-237.
20. Postacıoğlu, B., "Beton (Bağlayıcı maddeler, agregalar, beton)", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 175(9), 1986.
21. Lea, F.M., "The Chemistry of Cement and Concrete", 3rd ed., London, 442, 1970.
22. Basheer, P.A.M., Chidiac, S.E. and Long, A.E., "Predictive Models for Deteriorationof Concrete Structures", Construction and Building Materials, 1996, 10(1):27-37.
23. Çelebi, G. ve Aydın, A.B., Sürdürülebilir Mimarlık Yaklaşımında Yapı Malzemelerinin İrdelenmesi, IV.Uluslararası Ekoloji ve Çevre Kongresi, Bodrum, 2001, pp 457 – 464.
24. Osso, A., Walsh T, and Gottfried, D., Sustainable Building Technical Manual, Public Technology Inc., New York, 1996.
25. "Türkiye'nin Enerji Görünümü", TMMOB Makine Mühendisleri Odası Raporu, 2012
26. Alp, K., Özel, A., "Tehlikeli Atıkların Alternatif Yakıt Olarak Çimento Sektöründe Kullanılması", İSTAÇ Tehlikeli Atık Yönetimi Eğitimi Sunumu, 2012.
27. Zeytun, A.B., Sustainable Buildings and Building Materials : Environment, Human health and Energy, The Graduate School of Natural and Applied Sciencesof METU, 2000.



## THE USE OF RECYCLED WASTE IN GAZIANTEP

**Erdihan TUNÇ, Sevgi GENÇDAL**

University of Gaziantep Faculty of Sciences, Biology Department P.K: 27310, Gaziantep,  
tunc@gantep.edu.tr

**ABSTRACT:** In this study, waste paper, polyethylene terephthalate (PET), glass bottles were collected and recycled as raw materials to determine the harmful effects of agricultural production and the increase of the productivity of the industrialization. has brought about environmental pollution by affecting the whole of our living space. We are accelerating the increase of environmental pollution in the abuse of technology, lack of consciousness and love of nature. In this study the effect of material waste on the environment in agricultural structures was investigated. Recycling was achieved through recycling, separating, sorting and baling. In recent years, in Gaziantep, one of the fastest developing cities in our country, a solid waste disposal facility with a capacity of 40 tons per day has been used in order to return the economy. During the collection and storage of wastes, both public awareness and technology should be used to separate the wastes at the site and recycle them at the maximum level. The process can be accelerated by trained garbage collectors who conduct this process individually and by contracting them on certain conditions. The collection, transport and disposal / recycling of solid waste is a serious expense. With better planning and improved management, this cost should be reduced. It is also necessary to reduce the amount of solid wastes and wastewater that is generated in terms of society and environmental health. But in this way we can prepare a better environment for future generations.

**Keywords:** Gaziantep , Pollution, Human, Solid Waste, Environmental Health, Recycling

## GAZİANTEP'TE GERİ KAZANILMIŞ ATIK KULLANIMI

Erdihan TUNÇ, Sevgi GENÇDAL

Gaziantep Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü , Gaziantep  
tunc@gantep.edu.tr

Bu çalışmada, atık kağıt ,atık plastik (polyethylene tereftalat (PET),cam şişeler toplanarak geri dönüşüm yöntemleri ile hamadden olarak tekrar imalat süreçlerinden geçerek ekonomiye kazandırılması ve tarımsal alanlara zararlı etkisinin belirlenmesi araştırılmıştır. Toplumların gelişmişliğini gösteren sanayileşmenin hızla büyümesi birçok kolaylığı sağladığının yanı sıra yaşam alanımızın tümünü etkileyerek çevre kirliliğini beraberinde getirmiştir. Çevre kirliliğinin artışını teknolojilerin yanlış kullanımı, bilincsizlik ve doğa sevgisinden yoksunlukta daha da hızlandırmaktadır. Materyal atıkların tarımsal yapılarda çevreye olan etkisi araştırıldığı için bu çalışmada atıkları kullanılmıştır. Atıkların tekrardan geri dönüşümme geçmesi Toplama, Ayırma, Balyalama, gibi aşamalardan geçerek geri dönüşümü sağlanmıştır. Son yıllarda, ülkemizdeki en hızlı gelişen şehirlerden biri olan Gaziantep'te ekonomiye geri dönüşü sağlamak amacıyla günlük 40 ton kapasiteli Katı Atık Ayırıştırma Tesisi'ni faliyete geçirmiştir. Atıkların toplanması ve depolanması esnasında hem halkın bilinçlendirilmesi hem de teknoloji yardımıyla, atıklar yerinde ayırtılmalı ve



bunlardan maksimum seviyede geri dönüşüm sağlanmalıdır. Bu işlemi bireysel olarak yapan çöp toplayıcıların devlet kurumları tarafından eğitilip belli şartlarda sözleşmeli olarak işe alınması ile süreç hızlandırılabilir. Katı atığın toplanması, taşınması ve bertaraf edilmesi / geri dönüşümü ciddi bir gider ayağı teşkil etmektedir. Daha iyi bir planlama ve geliştirilmiş yönetim ile bu gider düşürülmelidir. Ayrıca ortaya çıkan katı atık ve atık su miktarının azaltılması da toplum ve çevre sağlığı açısından gereklidir. Ancak bu şekilde gelecek nesillere daha iyi bir ortam hazırlayabiliriz.



## AN INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN DROUGHT AND ECOLOGY IN BARAK PLAIN

**Mehmet Ali Çelik<sup>1</sup>, Erdihan Tunç<sup>2</sup>, Awet Tekeste Tsegai<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Kilis 7 Aralik University, Faculty of Arts & Science, Department of Geography, 79000, Kilis, Turkey

<sup>2</sup>Gaziantep of University, Faculty of Arts & Science, Deptartment of Biology (General Biology Section) 27310, Şehitkamil/ Gaziantep, Turkey

**ABSTRACT:** In those last periods, there has been a climate changes in Turkey. These changes affected the southern regions of Turkey with increased frequency and severity of drought. These changes in the climate are influencing on different ecological events and dynamics from plant cover to soil formation. In this study, the drought condition of the last 50 years in Barak Plain on the east of Gaziantep Plateau with an average 800 m elevation was analyzed. At the same time, the effect of arid conditions on the ecology of the study area was examined. Preliminary findings obtained from Gaziantep station during the study perod showed extreme drought in 1970, 1973, 1990, 1999 and 2008. During these periods, the Barak Plain had precipitation well below normal. For many years, the climate has been very arid and exceptionally dry. During these periods, underground water has been withdrawn and reduced. In other words, during these arid periods, the flow of streams in Barak Plain decreased, and at the same time water pollution; salinity of soil and water increases. In addition to this, it is also seen that in the study area, soil erosion and desertification increased due to drought.

In conclusion, during the drought period the vegetation and agricultural ecosystems of the study area were affected by diseases, pests and other more harmful events such as fire caused a number of environmental, ecological, climatological, hydrological, agricultural etc. effects.

**Keywords:** Barak Plain, Ecology, Climate, Drought

## BARAK OVASINDA KURAKLIK İLE EKOLOJİ ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN İNCELENMESİ

**Mehmet Ali Çelik<sup>1</sup>, Erdihan Tunç<sup>2</sup>, Awet Tekeste Tsegai<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Kilis 7 Aralik University, Faculty of Arts & Science, Department of Geography, 79000, Kilis, Turkey

<sup>2</sup>Gaziantep of University, Faculty of Arts & Science, Deptartment of Biology (General Biology Section) 27310, Şehitkamil/ Gaziantep, Turkey

**ÖZET:** Son dönemde Türkiye'nin ikliminde değişimler meydana gelmektedir. Bu değişimler, Türkiye'nin güney bölgelerine kuraklığın sıklığının ve şiddetinin artması şeklinde etki etmektedir. İklimdeki bu değişimler, bitki örtüsünden toprak oluşumuna kadar farklı ekolojik olay ve dinamikler üzerinde etkili olmaktadır. Bu çalışmada ortalama yükseltisi 800 m olan ve Gaziantep Platosunun doğusunda yer alan Barak Ovası'nda son 50 yılın kuraklık durumu analiz edilmiştir. Aynı zamanda çalışmamızda kurak koşulların çalışma alanı ekolojisi üzerine etkisi incelenmiştir. Çalışmada elde edilen ön bulgular Gaziantep istasyonunda 1970, 1973, 1990, 1999 ve 2008 yıllarında iklimin ekstrem kurak olduğu dönemleri işaret etmektedir. Bu dönemlerde Barak Ovası normalin çok altında bir yağış miktarına sahiptir. Söz konusu yıllar iklimin çok kurak ve olağanüstü kurak olduğu



yıllardır. Bu dönemlerde, yeraltı suyun çekilmiştir ve azalmıştır. Söz konusu bu kurak dönemlerde, Barak Ovası'nda akarsu akımlarının azaldığı aynı zamanda su kirliliği; toprak ve suyun tuzlanmasıının arttığı dikkati çeken bir diğer husustur. Bunun yanı sıra çalışma alanında, kuraklığa bağlı olarak toprak erozyonu ve çölleşme riskinin arttığı da görülmektedir.

Sonuç olarak kurak dönemin çalışma alanı üzerinde, bitki örtüsünün ve tarımsal ekosistemlerin hastalık, zararlı, yanım gibi diğer zararlı olaylardan daha fazla etkilenmesi gibi çok sayıda çevresel, ekolojik, klimatolojik, hidrolojik, tarımsal vb. etkileri vardır.

**Anahtar Kelimeler:** Barak Ovası, Ekoloji, İklim, Kuraklık



## INVESTIGATION OF THE EFFECT OF COCOA ON BOZA

Hidayet SAĞLAM, Fatih ÖZTÜRK, Nurşah UYANSIZ, Fatma YAYLA  
Kilis 7 Aralık University  
[hidayetsaglam@kilis.edu.tr](mailto:hidayetsaglam@kilis.edu.tr)

**ABSTRACT:** Fermented foods; various raw materials, being passed from some pre-treatment levels after certain temperature, they occur as a result of transformation to a new product with the help of specific microorganisms resistant. One of them is an old turkish drink the boza. Boza is a drink made in Asia, Mesopotamia, Africa and Anatolia for 8000-9000 years. Cocoa is the most widely used flavor-enhancing substances in the world. Boza is not consumed by the new generation so in this study increase the attractiveness of Boza by addition of cocoa was performed. Cocoa added Boza analyzed to determine compliance with the standards. Some of these analyzes pH, ash, color analysis, viscosity, sensory analysis and alcohol. According to the results of the analysis made, the conformity of the Boza with cocoa to the standards was determined. The taste, consistency and attractiveness of the Boza has positively changed.

**Key:** Boza, Cocoa, viscosity

## KAKAOONUN BOZA ÜZERİNDE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Hidayet SAĞLAM, Fatih ÖZTÜRK, Nurşah UYANSIZ, Fatma YAYLA  
Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü  
[hidayetsaglam@kilis.edu.tr](mailto:hidayetsaglam@kilis.edu.tr)

**ÖZET:** Fermente gıdalar; değişik hammaddelerin, kimi ön işlemlerden geçirilmesinden sonra belirli sıcaklık seviyelerinde, belirli mikroorganizmaların yardımıyla daha dayanıklı yeni ürünlere dönüşmesi sonucu meydana gelmektedirler. Bunlardan birisi de eski bir Türk içeceği olan bozadır. Boza Asya, Mezopotamya, Afrika ve Anadolu'da 8000-9000 yıldır yapılmakta olan bir içecekdir. Kakao, dünyada en yaygın olarak kullanılan lezzet artırmacı maddedir. Bu çalışmada yeni nesil tarafından pek fazla tüketilmeyen bozanın albenisini artırmak için kakao ilavesi yapılmıştır. Kakao ilavesi yapılan bozaların standartlara uygunluğunun belirlenebilmesi için çeşitli analizler yapılmıştır. Bu analizlerden bazıları; pH tayini, kül tayini, renk analizi, viskozite, duyusal analiz ve alkol tayinidir. Yapılan analiz sonuçlarına göre kakaolu bozaların standartlara uygunluğu saptanmıştır. Bozanın beğenilmeyen tat ve kıvamında önemli değişiklikler elde edilmiş olup albenisinin arttığı gözlemlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Boza, kakao, vizkozite



## A RESEARCH ABOUT DETERMINATION OF VINEGAR FROM WHEY POWDER

Hidayet SAĞLAM\*, Derya Doğan, Feyza Çelik, Fadime Kurt, Halil İbrahim Tunç  
Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü  
\*hidayetsaglam@kilis.edu.tr

### **Abstract**

In this study, production of vinegar from whey powder, which is a side product of cheese industry has been examined. Whey powder has been left to alcoholic fermentation with adjusting concentration to 6% and acetic acid fermentation. In the study, dry matter, pH, ash content, titration acidity, total bacterial count, yeast and mold count analyses have been carried out. According to analysis results, acidity values increased, dry matter values decreased, total bacterial number increased and no significant change was observed in yeast and mold number values. It has been concluded that whey, which is a waste product can be used as a raw material in vinegar production.

**Keywords:** Whey, alcoholic fermentation, acetic acid fermentation

## PEYNİRALTI SUYUNDAN SİRKE ELDESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Hidayet SAĞLAM\*, Derya Doğan, Feyza Çelik, Fadime Kurt, Halil İbrahim Tunç  
Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü  
\*hidayetsaglam@kilis.edu.tr

### **Özet**

Bu çalışma peynir endüstrisi atığı olan peyniraltı suyunun değerlendirilmesi üzerine bir araştırma yapılmış olup, peyniraltı suyundan sirke elde edilmesi amaçlanmıştır. Peyniraltı suyu tozu %6'lık konsantrasyona ayarlanmış alkol fermantasyonuna ve asetik asit fermantasyonuna bırakılmıştır. Çalışmada; kuru madde, pH, kül, titrasyon asitliği, toplam bakteri, maya ve küf sayımı analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; asitlik değerleri artmış, kuru madde değerleri azalmış, toplam bakteri sayısı artmış, maya ve küf sayımında ise önemli bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Atık olan ve çevreye zarar veren peyniraltı suyunun sirke yapılarak değerlendirileceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Peyniraltı suyu, alkol fermantasyonu, asetik asit fermantasyonu



## FUNCTIONAL YOGHURT PRODUCTION

Hidayet SAĞLAM\*, Büşra YILDIZ, Sevda BAYLAN, Gülşah ÖZTÜRK  
Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü  
[\\*hidayetsaglam@kilis.edu.tr](mailto:hidayetsaglam@kilis.edu.tr)

**ABSTRACT:** In this study, different rates of materials which are glucomannan, whey and chia added into yoghurt so, technologic qualifications of the samples had been investigated. At the end of the production, pH, titratable acidity, drymatter, brix and texture were analysed. In this way, pH values are between the 4.68–5.01; titratable acidity values are between the % 0.80–0.90, dry matter values are between the %27.33-%39.95, brix values are between the 6.5–7.1 had been determined. Viscosity of the products are also investigated. When compared the materials, they provided suitable edible properties to the yoghurt. On the other hand, all of this materials give functional properties to all products.

**Keywords:** Yoghurt, functional food, whey, chia, glucomannan

## FONKSİYONEL YOĞURT ÜRETİMİ

**ÖZET:** Bu çalışmada yoğurda çeşitli oranlarda glukomannan, peynir altı suyu ve çiya eklenmiş ve böylece örneklerin bazı teknolojik nitelikleri incelenmiştir. Çalışmada yoğurdun pH, titrasyon asitliği, kuru madde, SÇKM ve tekstür analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre pH değerleri 4.68-5.01 aralığında, titrasyon asitliği değerleri %0.80-0.90 aralığında, kuru madde değerleri %27.23-%39.95 aralığında, SÇKM değerleri 6.5-7.1 aralığında tespit edilmiştir. Tekstür olarak akışkanlık özelliği incelenmiştir. Eklenen maddelerden glukomannanın viskozitesi çiya ve PAS'a göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Eklenen maddelerden PAS aroma ve tekstür değerlerinin tüketilebilir yoğurt açısından en uygun aroma ve tekstüre sahip olduğu tespit edilmiştir. Tüm deneme sonuçları değerlendirildiğinde yoğurda belli oranlarda katılan fonksiyonel ürünlerin olumlu etkide bulunduğu saptanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Yoğurt, fonksiyonel gıda, peyniraltı suyu, çiya, glukomannan



## FACTORS THAT INFLUENCE THE PREPARATION OF ANTICORROSION PAINTS

Canan URAZ

Ege University, Faculty of Engineering, Chemical Engineering Department, 35100 Bornova-İzmir, [canan.uraz@ege.edu.tr](mailto:canan.uraz@ege.edu.tr)

**ABSTRACT:** In this study, it was aimed to prepare the anticorrosive paint by adding modified natural zeolite (clinoptilolite) on paint which was produced by DYO. Modification of clinoptilolite was performed at the laboratory and application on paint was applied in Research&Development Center of DYO. Clinoptilolite which was taken from Gördes Zeolite firm, was modified by two different experiment sets. These experiments were performed with Lanthanum(III)Nitrate and Molybdic acid solutions. Modified zeolite samples were prepared as 65% by volume. These modified samples were analyzed in Research&Development Center of DYO. Characterization of all modified zeolite samples was obtained by using FTIR, SEM and XRD. FTIR analysis were performed at Ege University Chemical Engineering Department. XRD and SEM analysis of samples were performed at Izmir Institute of Technology-MAM. According to the results of analysis, it was observed that all of samples were modified accomplished.

**Key words:** zeolite, anticorrosive paints, clinoptilolite.

## INTRODUCTION

Zeolites are crystalline aluminosilicates of group IA and IIA elements such as sodium, potassium, barium, magnesium and calcium. The physical structure is porous with interconnected cavities in which metal cations and water molecules are present. The fundamental building unit of the zeolite is a tetrahedron of four oxygen atoms surrounding a relatively small silicon or aluminium atom. They have been known since the eighteenth century but they remained as a curiosity for scientists and collector until their unique physical and chemical properties determined by many researches. These minerals are recognised as some of the most important silicates in volcanic rocks. These are mostly formed by reaction of pore-waters with volcanic glass and also by alteration of pre-existing feldspars, feldspathoids, poorly crystalline clays and biogenic silica. Because of their ion-exchange, adsorption and molecular sieve properties, as well as large deposits existing in different parts of the world many researches have focused on different applications of zeolites among which wastewater treatment, stack-gas clean-up, natural gas purification, petroleum production, agricultural and aquaculture are just few examples. Ion exchange property of zeolite has been studied for many years, it is mostly used to modify the zeolite properties in order to prepare new types of conductors, semi conductors, visual display units, dielectric gas sensor and catalyst. Both the synthetic and natural zeolites widely used as ion exchange for these purposes but often limited to countries having their own deposit (Akdeniz Y., 2000). Zeolites constitute a versatile material that has found many technological applications. The employment in paint technology is rather restricted, but zeolites have been used as humidity and ammoniaadsorbent material in ceiling paints and finishing paints. Because zeolites are ionic-exchanging materials, it seemed reasonable to prepare anticorrosive pigment by exchanging sodium cations in zeolites with other cations that have inhibiting properties (Deya C. et al., 2007). Zeolites have large open spaces (or cages) in their structure that form channels. These channels allow ions and molecules to



easily pass in and out of the structure. This ability puts zeolites in the class of materials known as "molecular sieves" (<http://www.gordeszeolite.com/zeolite--clinoptilolite>). Zeolites are extremely useful as catalysts for several important reactions involving organic molecules. The most important are cracking, isomerisation and hydrocarbon synthesis. Zeolites can promote a diverse range of catalytic reactions including acid-base and metal induced reactions. The reactions can take place within the pores of the zeolite which allows a greater degree of product control (<http://www.ch.ic.ac.uk/vchemlib/course/zeolite/applications>). Corrosion is the deterioration of a metal as a result of chemical reactions between it and the surrounding environment. Every year corrosion eats away wealth in billions. Neglected, corrosion can have disastrous consequences. Corrosion is death, there is no cure for change this situation, for these prevention from corrosion is important to obtain long life equipments (<https://www.kmizeolite.com/zeolite-applications/construction/paints-coatings>).

Researchers found that zeolite and clay were exchanged with lanthanum ions as inorganic green inhibitors. The results indicated that it is possible to replace part of the zinc phosphate content in paint with the exchanged zeolite and clay (Deya C. et al., 2014). Cheng, Wang, and Yang tested the use and effectiveness of zeolite as a natural, corrosion-resistant coating on a variety of metals including steel and aluminum alloys. The coating proved to be highly corrosion resistant, even in the presence of strong acid. At the conclusion of the trial, the zeolite coating was deemed be wear-resistant, strongly adhesive, and compatible with paint. The research team determined that zeolite coating can serve as an environmentally friendly, corrosion-resistant coating for aluminum alloys (Cheng H., et al., 2012). A study by Lee et al. examined the use of eco-ceramics paint containing zeolite powder and ceramic binder (Lee Y., et al., 2014).

The objective of this research was to develop a modified zeolite to produce anticorrosive paints. The modified zeolites were prepared by ionic exchange with molybdenyl and lanthanum ions. Modification performance was evaluated by using FTIR, SEM and XRD.

## EXPERIMENTAL STUDY

In this project, two different modification methods were studied. The natural clinoptilolite (Dorado) obtained from Gördes Zeolite was used as a main component of the modification procedure. Clinoptilolite type natural zeolite was modified with molybdic acid solution and La (III) nitrate solution for experimental procedure 1 and experimental procedure 2, respectively.

### ***For Experimental Procedure-1, (Molybdic Acid Modification)***

Zeolite was heated to 350° C in an oven for 4 hours.

Molybdenyl cation solution was prepared with mixture 10 g molybdic acid, 90 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1 M) and 10 ml concentrated H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Molybdenyl cation solution and zeolite were placed in a beaker and stirred 24 hours.

Solution was filtered and washed with distilled water with 1 % sodium acid carbonate solution until reached neutral solution.

Mixture was dried at room temperature until reached constant weight (Deya C. et al., 2007).

### ***For Experimental Procedure -2, (La (III) Nitrate Modification)***

Zeolite was washed with distilled water twice and it was placed in a beaker with 0.2 mol/L HNO<sub>3</sub>.

Solution was heated up to the boiling temperature (83°C).

It was kept at that temperature for 1 h to eliminate ferric compounds. The acid solution was added time to time to keep the solution volume constant.

The zeolite was separated from supernatant by centrifugation at 2200 X g for 10 min. And washed with distilled water several times.

It was placed in a beaker 2 mol/L NaCH<sub>3</sub>COO for 3 h under continuous stirring to put it back in the Na<sup>+</sup> form.

The zeolite was separated by centrifugation and washed with distilled water.

The zeolite was exchanged with La(III) ions by bringing it into contact with 1 mol/L La(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> in 1×10<sup>-3</sup> mol/L HNO<sub>3</sub> under constant stirring for 24 h.

The exchanged zeolite was separated by centrifugation, washed four times with distilled water and dried in an oven at 90 °C

Glass flask were filled to 250 mL with butylglycol solution. The suspensions were agitated for 24 h at 150 rpm on an orbital shaker at a temperature of 25 °C.

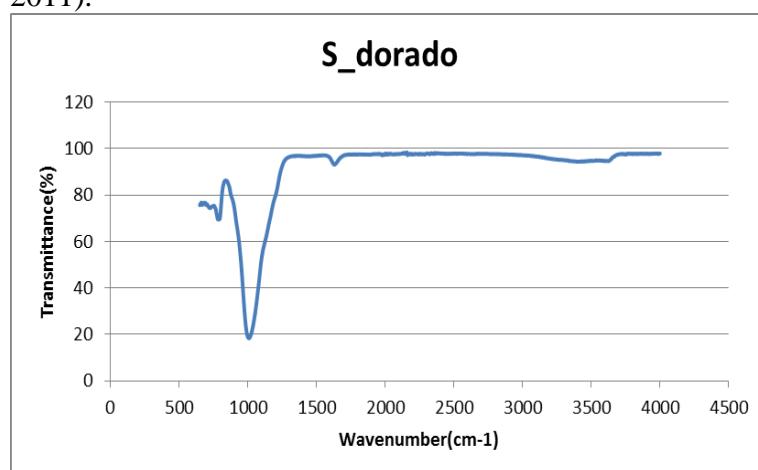
Characterization of the obtained solid residues were performed by using FTIR, XRD and SEM analysis (Deya C. et al., 2014).

## RESULTS AND FINDINGS

**Characterization of all modified zeolite samples was obtained by using FTIR, XRD and SEM analysis.**

### FTIR Analysis

Characterization of two types of modified samples and unmodified clinoptilolite type zeolite were performed by using FTIR. In this analysis, S\_Dorado graph present clinoptilolite, its characteristic peak was observed 1000 cm<sup>-1</sup> as a wavenumber and 19% as a transmittance which indicates -CO bond as shown in Figure 1 (Kidsaneepoiboon P., et al., 2011).



**Figure 1. Sample Dorado, FTIR spectra of S\_Dorado**

Molybden modification graph, its characteristic peak was observed 1000 cm<sup>-1</sup> as a wavenumber and 30% as a transmittance which indicates -CO bond as shown in Figure 2. Also different peak from S\_Dorado was observed in this graph with characteristic 2800-300 cm<sup>-1</sup> as a wavenumber and 90% nearly. According to FTIR spectra, this peak observed in the presence of -CH bond.Hence, modification was occurred (Kidsaneepoiboon P., et al., 2011).

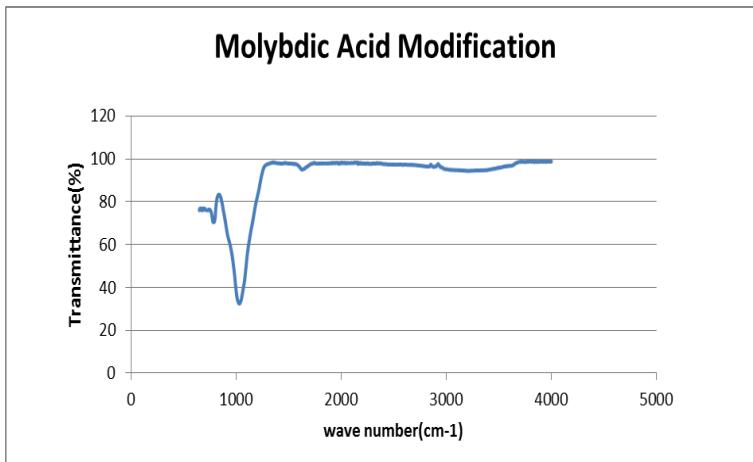


Figure 2. Experiment 1, FTIR spectra of Molybdic Acid Modification

Lanthanum modification graph, its characteristic pick was observed 1000 cm⁻¹ as a wavenumber and 27% as a transmittance which indicates -CO bond as shown in Figure 3. Also different pick from S\_Dorado was observed in this graph with characteristic 2800-300 cm⁻¹ as a wavenumber and 100% as a transmittance nearly. According to FTIR spectra, this pick observed in the presence of -CH bond.Hence, modification was occurred.

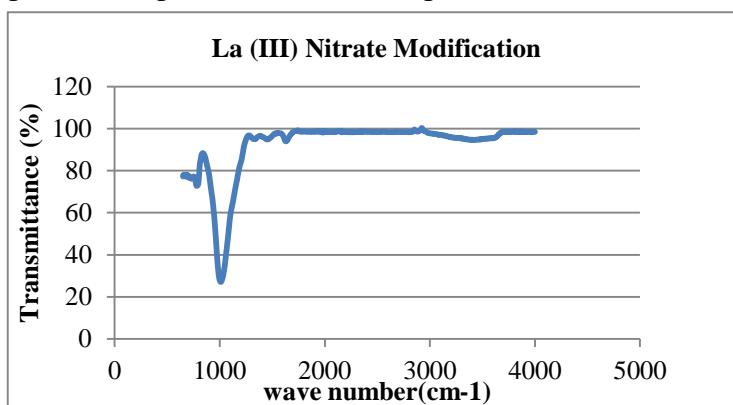
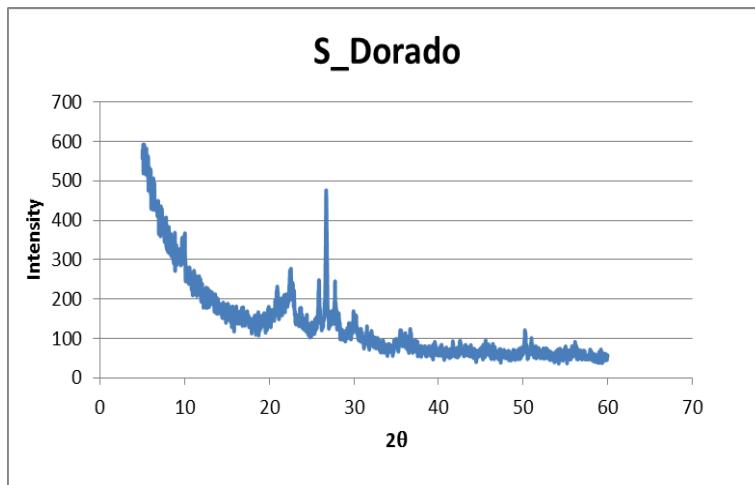


Figure 3. Experiment 2, FTIR spectra of La (III) Nitrate Modification

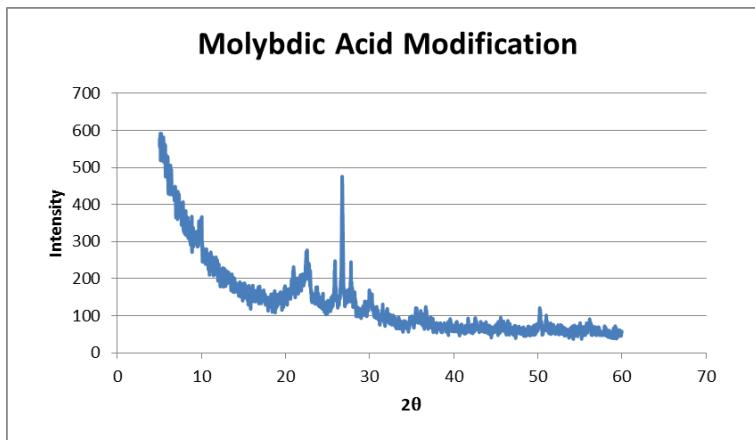
#### XRD Analysis

S\_Dorado graph present clinoptilolite, its characteristic picks were observed at 2 theta ( $\theta$ ) =  $9.85^\circ$ ,  $22.5^\circ$  and  $26.73^\circ$  in Figure 4. Presence of these picks in the XRD pattern recorded for any sample, confirms the presence of clinoptilolite in the modified zeolite. The intensity of the XRD pattern picks can be influenced by crystallinity or by molybdic acid and lanthanum (III) nitrate changes order in modified zeolite.



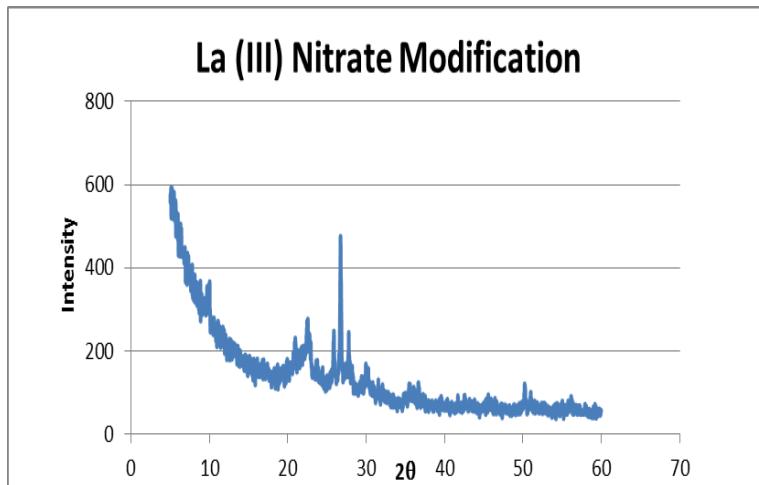
**Figure 4. XRD Analysis of S\_Dorado**

Help of these data, crystallite size of particles for S\_Dorado, were calculated as  $468 \text{ \AA}$  by Debye-Scherrer equation by using characteristic pick of graph. This value was appropriated with literature scale (Nezamzadeh A., et al., 2012). For Exp.Proc.-1, modified molybdic acid samples graphs compared with S\_Dorado graph in Figure 5. Its characteristic picks were observed at 2 theta ( $2\theta$ ) =  $9.97^\circ$ ,  $22.5^\circ$  and  $26.72^\circ$ .



**Figure 5. XRD Analysis of Molybdic Acid Modification**

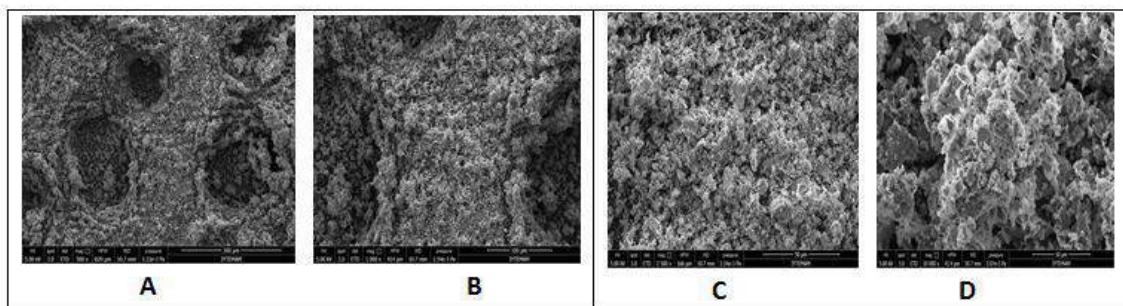
For Exp.Proc.-2, Lanthanum (III) nitrate modified zeolite. Its characteristic picks were observed at 2 theta ( $2\theta$ ) =  $9.85^\circ$ ,  $22.4^\circ$  and  $30.0^\circ$  (Fig.6).



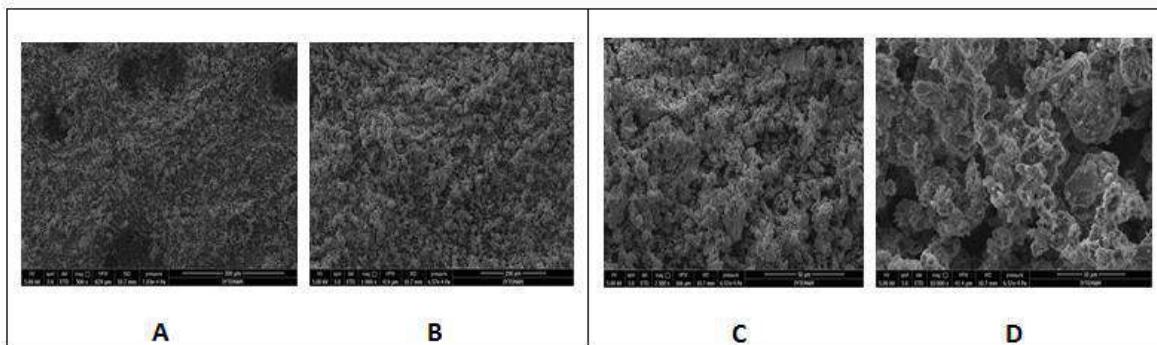
**Figure 6. XRD Analysis of La (III) Nitrate Modification**

#### SEM Analysis

Scanning electron microscopy (SEM) was used to investigate surface morphology of pure clinoptilolite and modified zeolite, and structure of each samples. Figures 7, 8 and 9 show the layered structure of pure dorado and modifications with layer thicknesses in nanometer range.



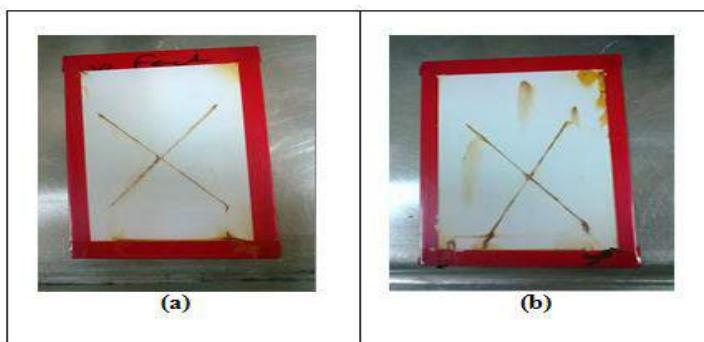
**Figure 7. SEM Analysis of S. Dorado, at 300 μm (A), at 100 μm (B),at 50 μm (C), at 10 μm (D)**



**Figure 8. SEM Analysis of molybdic acid modification, at 300 μm (A), at 100 μm (B),at 50 μm (C), at 10 μm (D).**

**Figure 9. SEM Analysis of La (III) Nitrate modification, at 300  $\mu\text{m}$  (A), at 100  $\mu\text{m}$  (B), at 50  $\mu\text{m}$  (C), at 10  $\mu\text{m}$  (D).**

Corrosion tests of the modified samples for anticorrosive paints were performed in Research & Development Center of DYO. According to the results of analysis, Exp.Proc.-2, modified with Lanthanum (III) Nitrate was given better result than Exp.Proc.-2, modified with Molybdic acid. This situation was shown in Figure 10.



**Figure 10. Application of samples, (a) modified with Lanthanum (III) Nitrate, (b) modified with Molybdic acid.**

## CONCLUSION

Anticorrosive properties of paint is important for the long-life equipments. Two different procedures are performed at laboratory by using clinoptilolite type natural zeolite for obtaining anticorrosive paint. Result of these procedures are positive and promising. La (III) Nitrate modified zeolite give better anticorrosive effect after applying on surface. This procedures could be developed by using solutions with different concentrations, different amount of clinoptilolite and different mixing percentages for clinoptilolite and solutions.

## REFERENCES

- Akdeniz Y. (2002) Cation Exchange in Zeolites, Structure Modification by Using a Microwave Department of Materials Science and Engineering, Master Thesis, Izmir Institute of Technology.
- Cheng H., Hsieh C., Tsai C. (2012), Antibacterial and Regenerated Characteristics of Ag-zeolite for Removing Bioaerosols in Indoor Environment, *Aerosol and Air Quality Research*.
- Deya C., Romagnoli R., Del Amo B. (2007), A New Pigment for Smart Anticorrosive Coatings, *Journal of Coating Technology Research*, Vol. 4.
- Deya C., Romagnoli R., Del Amo B., Rosellini S., Bellotti N., Revuelta M. (2014), Lanthanum-exchanged Zeolite and Clay as Anticorrosive Pigments for Galvanized Steel, *Journal of Rare Earths*, Vol. 32, No. 4, April.  
<https://www.kmizeelite.com/zeolite-applications/construction/paints-coatings/>.
- Kidsaneepoiboon P., Pattaargson W.S., Chooppawa T., Deephum R. (2011), Organic-inorganic hybrid polysesquioxane nanospheres as UVA/UVB absorber and fragrance carrier, *ESI for Journal of Materials Chemistry*.
- Lee Y., Gatta D. (2014), Zeolites at High Pressure, *Mineralogical Magazine*, vol.78, pp. 267-291.



- Nezamzadeh A., Raja E. (2012), Modification of Nanoclinoptilolite zeolite with Hexadecyltrimethylammonium Surfactant as an Active Ingredient of Chromate Selective Membrane Electrode, Department of Chemistry, Islamic Azad University.
- Nivin M. Ahmed, Hassan S. Emira, Mohamed M. Selin, (2011), Anticorrosive Performance of Ion-Exchange Zeolites in Alkyd-Based Paints, Pigment and Resin Technology, 40/2, National Research Centre, Cairo, Egypt.,  
Zeolite, <http://www.gordeszeolite.com/zeolite--clinoptilolite>.  
Zeolite applications, <http://www.ch.ic.ac.uk/vchemlib/course/zeolite/applications>.



## ASSESSMENT OF ENERGY MANAGEMENT IN FEED PLANTS: A REVIEW OF NECESSITY AND OBJECTIVE

Fatih BALCI

Assist. Prof. Dr. in Department of Energy Systems Engineering in Gaziantep University  
fbalci@gantep.edu.tr

**ABSTRACT:** Energy demand, especially in the industrial sector, is rapidly increasing in our country. Due to the inadequacy of energy production to meet demand and the limit of new energy sources, it is becoming compulsory to import energy. This demonstrates the necessity of more efficient use of energy in all sectors. The energy sector is used intensively in the industrial sector and the highest consumption values are achieved according to other sectors. For this reason, it has become a necessity to attach importance to energy management and energy efficiency in the industry. Energy use is an important issue in the feed plants. Over the past decade, the significant increase in energy costs has contributed to reducing plant profit margins. Since profit margins are generally relatively low in wheat processing plants, efficient management of energy consumption has become a necessity instead of preference. A better efficient utilization of fuel, electricity, thermal energy and labor are the major components of manufacturing cost in feed plants.

### INTRODUCTION

Increasing the usage will increase the cost of product directly as well as the reduction in the total margins of the plant. Energy prices doesn't seems to be reduced in the near future. Therefore, energy management system and recovery of energy, where applicable, must be applied to decrease the energy consumption and the increase in the margins. On the other side, current/prospective environmental legislations and concerns over the environment to increase industrial energy efficiency. Manufacturers prefer to use the most cost-effective techniques to increase energy efficiency in their plants.

In feed plants, the energy consumption is very high. Each process consumes generally more energy than it needs. The optimum energy supply must be calculated. Sometimes higher energy level will be needed depending on the type of raw material and the flow rate. Commercially available energy management systems can collect energy data using one or more parameters and they can be used to identify opportunities for daily energy. They can be used with a range of sensor technologies to monitor energy carried by electricity and gas as well as other energy carriers. They can analyze these data to separate energy use resulting from production schedules from that which is driven by the weather. They can be used to target process, plant or site efficiency improvements and to display information at a range of levels from shop floor to stakeholder's level. However, these systems suffer from lack of standardization and real-time automatic correlation of energy data across multiple production levels. Existing EMS have been shown to reduce energy use by 5% (Carbon Trust, 2008).

Another way to improve the energy and resource efficiency of manufacturing processes is the recovery of waste streams and heat losses. Energy conservation is vital for the sustainability of the feed plants. Reduced energy consumption through conservation can benefit not only energy consumers by reducing their energy costs but also the society in general by reducing the use of energy resources and the emission of many air pollutants such CO<sub>2</sub> (Wang, 2014).

New technologies in mixed feed production ensure safe feed production while increasing the amount of energy consumed per unit product due to high energy consumption (Figure 1). Reducing or constantly controlling the burden of energy costs within mixed feed costs is gaining importance day by day in a competitive sector.

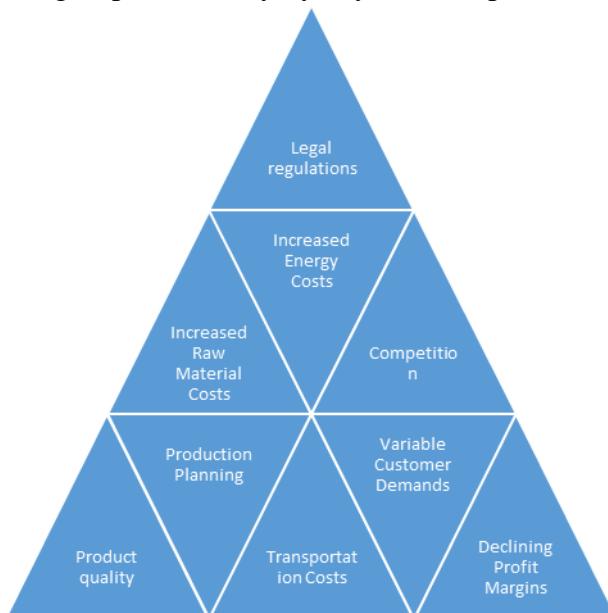


Figure 1. Main cost items in feed plants

Energy use is one of the important factors that have an impact on mixed feed production costs (Figure 2). Electricity and steam energy are heavily consumed in mixed feed production processes. Steam is mainly used in the pellet stage after powder feed production, while it is extensively used throughout the electric product processing stages. In addition, pressurized air is among the types of energy required to operate some transport and lock mechanisms. For this reason, the production methods have a separate precaution in terms of mixed feed quality. One of the ways to minimize energy consumption is to optimize the use of machinery in production without compromising feed quality. For this reason, an energy management system should be installed in each mixed feed factory and energy use should be monitored continuously.

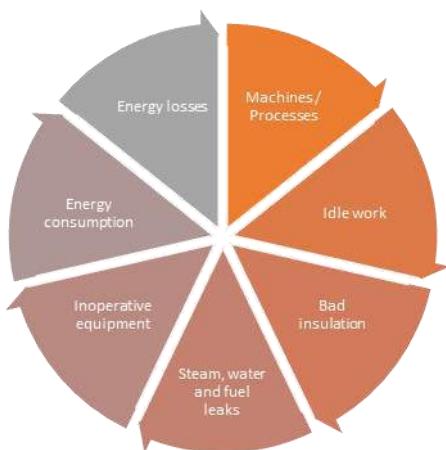


Figure 2. Aspects of energy management in feed plants

Energy management has not been considered as a vital issue so far compared with others such as production planning, marketing and the quality of product which thought a higher priority in the plant. The amount of energy used in the feed plant is an important economical consideration. Energy management is becoming a key skill in the manufacturing operations of many companies. Existing solutions for measurement, analysis and control of energy do not address all the requirements of energy management at the organization, factory or process level because they do not adequately develop in the workforce an awareness of the energy used in their business. Conventional energy management methods at the factory floor are limited because the energy performance of individual processes cannot be understood without continuous measurement of energy consumption and an infrastructure to map process energy data onto relevant business performance measures (Figure 3).

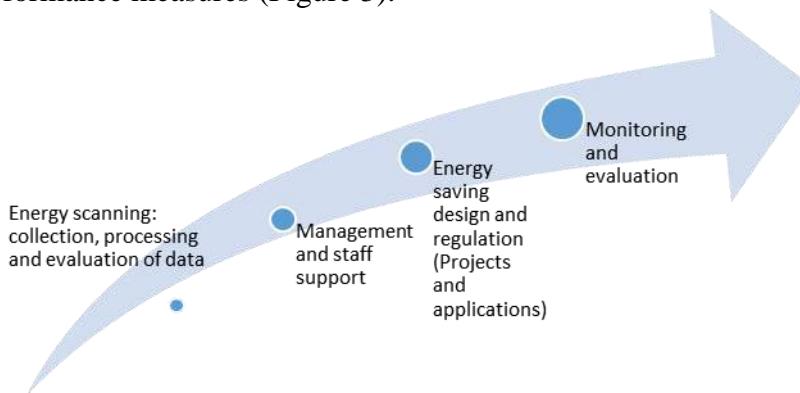


Figure 3. Energy Management Systems in Production Facilities

Each process, motor, pump, roll, machine etc. must be monitored according to their flow rate and energy consumption daily base. Also, the data should be interpreted into a meaningful directive to the operators. The fluctuations of energy usage, on the other hand, must be monitored by the data. Thus energy management for a plant must be unique for the successful implementation. Electric energy is a crucial factor in global industrial production. It can be saved the unnecessary energy consumption by having a definite control of flour mill maintenance plan, minimizing process time and cutting down the maintenance expenses. Having a complete control of energy usage of each process is the main step of energy saving. High efficiency motors reduce energy losses through improved design, better materials and tighter tolerances and improved manufacturing techniques. Poor motor cooling can increase motor temperature and winding resistance, shortening motor life, in addition to increasing energy consumption. In addition to energy savings, this can help avoid corrosion and degradation of the system.

As a summary, effective energy management in production is a need towards increased energy efficiency in feed production plants. In order to reduce energy consumption and costs it is essential to use energy management during especially in pelleting process.

## REFERENCES

- Akdeniz, R. C. ve Boyar, S., 2002, Karma Yem Üretim Makinalarının Uygun Kullanımı. 2002 Yılı Hayvancılık Grubu Bilgi Alışverişi Toplantısı Bildiri Kitabı, T. C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Yayın No: 106, Menemen /İzmir, s:147-166.



- Akdeniz, R. C., Ak, İ. ve Boyar, S., 2005, Türkiye Karma Yem Endüstrisi ve Sorunları. VI. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası (ZMO) 03-07 Ocak 2005, Cilt:2, Ankara, s.935-959.
- Boyar, S. 2006. A Research on Determination and Development Possibilities of Energy Efficiency in Mixed Feed Industry (Case studies in two factories). Ph.D. Thesis, Agricultural Machinery Dept., Institute of Natural and Applied Sciences, Ege University, Bornova, Izmir, 416 p.
- Boyar, S., Hepbasli, A., & Akdeniz, R. C. (2012). Energy utilization needs in Turkish mixed feed industry. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 10(3&4), 528-533.
- Bunse, K., Vodicka, M., Schönsleben, P., Brülhart, M., & Ernst, F. O. (2011). Integrating energy efficiency performance in production management—gap analysis between industrial needs and scientific literature. *Journal of Cleaner Production*, 19(6), 667-679.
- Carbon Trust (2004) Food and Drink Fact Sheet, GIL149, London, The Carbon Trust available from; [www.carbontrust.co.uk/publications](http://www.carbontrust.co.uk/publications).
- Carbon Trust, 2008. Automatic Monitoring and Targeting Equipment: A Guide to Equipment Eligible for Enhanced Capital Allowances. Report number ECA756, available from: [www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk) (accessed 04.012.16)
- Ergül, M., 1994, Karma Yemler ve Karma Yem Teknolojisi. Ders Kitabı. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:384. II. Basım. Bornova- İzmir, 280s.
- Kedici Ö. Fizik Yük. Müh. "Enerji Yönetimi" Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü Enerji Kaynakları Etüd Dairesi Başkanlığı 1993 Ankara
- SÖĞÜT, Z., & OKTAY, Z. SANAYİ SEKTÖRÜNDE ENERJİ TARAMASININ ENERJİ VERİMLİLİĞİNE ETKİSİ VE BİR UYGULAMA.
- Swat, M., Brünnet, H., & Bähre, D. (2014). Selecting manufacturing process chains in the early stage of the product engineering process with focus on energy consumption. In *Technology and Manufacturing Process Selection* (pp. 153-173). Springer London.
- Wang, Lijun, Weller, Curtis L, Jones, David D, & Hanna, Milford A. (2008). Contemporary issues in thermal gasification of biomass and its application to electricity and fuel production. *Biomass and Bioenergy*, 32(7), 573-581.
- Wang, Lijun. (2014). Energy efficiency technologies for sustainable food processing. *Energy efficiency*, 7(5), 791-810.
- Warechowska, Małgorzata. (2014). Some physical properties of cereal grain and energy consumption of grinding. *Agricultural Engineering*, 1(149), 239-249.
- Xenergy, Inc. 1998. United States Industrial Electric Motor Systems Market Opportunities Assessment. U.S. Department of Energy's Office of Industrial Technology and Oak Ridge National Laboratory.



## ELECTROCHEMICAL AND STRUCTURAL STUDY OF ZN-CU COATED LOW CARBON STEEL FROM PYROPHOSPHATE ELECTROLYTE: THE EFFECT OF PH

M. Yakup Haciibrahimoğlu

Department of Metallurgical and Materials Engineering Gaziantep University, Sehitkamil, Gaziantep, Turkey  
[yakup@gantep.edu.tr](mailto:yakup@gantep.edu.tr)

Metin Bedir

Department of Engineering Physics, Gaziantep University, Sehitkamil, 27310, Gaziantep, Turkey  
[bedir@gantep.edu.tr](mailto:bedir@gantep.edu.tr)

Derya Korkmaz

Department of Engineering Physics, Gaziantep University, Sehitkamil, 27310, Gaziantep, Turkey  
[dkorkmaz@gantep.edu.tr](mailto:dkorkmaz@gantep.edu.tr)

Abdulcabbar Yavuz

Department of Metallurgical and Materials Engineering Gaziantep University, Sehitkamil, Gaziantep, Turkey  
[ayavuz@gantep.edu.tr](mailto:ayavuz@gantep.edu.tr)

**ABSTRACT:** In this study, Zn-Cu coatings were obtained onto the low carbon steel (AISI 4140) by electrodeposition methods from aqueous pyrophosphate media having different pH values (acidic, neutral and alkaline). Corrosion characteristics of these films were investigated in 3% wt. NaCl media. Low carbon steel was used as a working electrode to examine electron transfer mechanism of brasses. pH values of electrolytes affect the deposition and stripping of brass in pyrophosphate media. Therefore, the pH value of deposition electrolyte causes different composition and structure of the resulting films. This difference tailor corrosion behaviour of the films.

Zn-Cu ratios in the films vary depending on the different pH values of electrolytes. Majority of the film consists of Cu (more than 90%) when the film is deposited from acidic and neutral media. Amounts of Cu and Zn in brass films are identical as the films are obtained from alkaline pyrophosphate baths. Films obtained in acidic media are smoother than other films. Crystal structures of the films deposited from acidic and neutral media have the same characteristics as these films have higher contents of copper. However, the crystal structures of films obtained from two different alkaline media (pH = 9 and pH = 12) have also different characteristics than each other. All films were examined in terms of corrosion resistivity. Although the expectation was to obtain passivation behaviour of brass, none of the films has this advantage. There is no any direct trend between Zn content in the films and corrosion rate.

**Key words:** Passivation; Deposition; Brass; Pyrophosphate; Carbon Steel.

This work was supported by a research project number of MF.YLT.17.03 from Scientific Research Projects Unit (BAPYB), Gaziantep University.



## CHARACTERISATION OF CO-CO(OH)<sub>x</sub> ELECTRODES ON CARBON STEEL FOR CORROSION RESISTIVITY

M. Yakup Haciibrahimoğlu

Department of Metallurgical and Materials Engineering Gaziantep University, Sehitkamil, Gaziantep, Turkey  
[yakup@gantep.edu.tr](mailto:yakup@gantep.edu.tr)

Abdulcabbar Yavuz

Department of Metallurgical and Materials Engineering Gaziantep University, Sehitkamil, Gaziantep, Turkey  
[ayavuz@gantep.edu.tr](mailto:ayavuz@gantep.edu.tr)

Metin Bedir

Department of Engineering Physics, Gaziantep University, Sehitkamil, 27310, Gaziantep, Turkey  
[bedir@gantep.edu.tr](mailto:bedir@gantep.edu.tr)

Sitki Aktaş

Department of Mechanical Engineering Giresun University, Güre Yerleşkesi – 28200, Giresun  
[sitki.aktas@giresun.edu.tr](mailto:sitki.aktas@giresun.edu.tr)

Salih Durdu

Department of Industrial Engineering, Giresun University, Güre Yerleşkesi – 28200, Giresun  
[salih.durdu@giresun.edu.tr](mailto:salih.durdu@giresun.edu.tr)

Atilgan Altinkök

Department of Electrical and Electronics Engineering, Giresun University, Güre Yerleşkesi – 28200, Giresun  
[atilgan.altinkok@giresun.edu.tr](mailto:atilgan.altinkok@giresun.edu.tr)

Metin Usta

The Department of Materials Science and Engineering, Gebze Technical University, Gebze, 41400, Kocaeli  
[ustam@gtu.edu.tr](mailto:ustam@gtu.edu.tr)

**ABSTRACT:** The structural, morphological and electrochemical (corrosion) behavior of uncoated and Co(OH)<sub>x</sub> coated steel (AISI 4140) substrate were investigated. The phase structure and surface morphology were characterized by X-ray diffraction (XRD) and scanning electron microscopy (SEM), respectively. A modified Co film was formed potentiostatically in pyrophosphate media and then the film was treated with OH<sup>-</sup> electrolyte by applying positive potential to obtain Co(OH)<sub>x</sub> coated steel. The resulting surface was indeed Co-Co(OH)<sub>x</sub> composite film. The corrosion behavior of bare steel, cobalt coated steel and Co(OH)<sub>x</sub> coated steel were analyzed in terms of corrosion rate and corrosion potential by using cyclic and linear sweep voltammetry. Cyclic voltammetry illustrates the transformation of cobalt to Co(OH)<sub>x</sub>. Linear sweep voltammetry and Tafel plot were used to demonstrate how corrosion potential and corrosion current shift in NaCl



solution as  $\text{Co(OH)}_x$  film was formed. New surface cobalt-based coating prevented the progression of corrosion attack as a passive layer. There was a significant change in the values of corrosion current ( $i_{corr}$ ) and corrosion potential ( $E_{corr}$ ) for uncoated and cobalt-based composite coated steels in the NaCl solution. Although the values of corrosion resistivity for Co coated steel did not increase in compression with bare steel, the corrosion resistivity of Co- $\text{Co(OH)}_x$  coated steel (obtained after  $\text{OH}^-$  treatment) was approximately two orders of magnitude greater than that of uncoated steel. Bare steel alloy has pitting corrosion mechanism in NaCl electrolyte. The corrosion rate increased with immersion time of steel in the chloride included bath. As cobalt surface was passivized with Co- $\text{Co(OH)}_x$  composite coating, this new surface created a barrier between steel and a chloride-based aggressive media and made steel stable in chloride solution.

**Key words:** electrodeposition; corrosion resistance; cobalt oxide, low carbon steel.

This work was partially supported by Scientific Research Projects Unit of Giresun University (FEN-BAP-A 160317-35).



## OPTIMIZATION OF POLYPYRROLE ELECTRODE ON GRAHITE SUBSTRATE FOR SUPERCAPACITOR APPLICATIONS

Abdulcabbar Yavuz

Department of Metallurgical and Materials Engineering Gaziantep University, Sehitkamil, Gaziantep, Turkey  
[ayavuz@gantep.edu.tr](mailto:ayavuz@gantep.edu.tr)

Sıtkı Aktaş

Department of Mechanical Engineering Giresun University, Güre Yerleşkesi – 28200, Giresun  
[sitki.aktas@giresun.edu.tr](mailto:sitki.aktas@giresun.edu.tr)

Salih Durdu

Department of Industrial Engineering, Giresun University, Güre Yerleşkesi – 28200, Giresun  
[salih.durdu@giresun.edu.tr](mailto:salih.durdu@giresun.edu.tr)

M. Yakup Haciibrahimoğlu

Department of Metallurgical and Materials Engineering Gaziantep University, Sehitkamil, Gaziantep, Turkey  
[yakup@gantep.edu.tr](mailto:yakup@gantep.edu.tr)

Ali Tunç

Department of Engineering Physics, Gaziantep University, Sehitkamil, 27310, Gaziantep, Turkey

Metin Bedir

Department of Engineering Physics, Gaziantep University, Sehitkamil, 27310, Gaziantep, Turkey  
[bedir@gantep.edu.tr](mailto:bedir@gantep.edu.tr)

**ABSTRACT:** In this study, various aspects of the behaviour of polypyrrole (PPy) films immersed in different media in the potential range corresponding to *p-doping* is described for supercapacitor applications. PPy films were produced potentiostatically on graphite substrate by applying 1.5 V in acidic media. Cyclic voltammetry was used to characterize the electrochemical properties of the obtained electrodes. Various electrolytes including aqueous (alkaline, acidic and neutral) and non-aqueous (only ions) were used as cycling electrolyte. While PPy films are electroactive in acidic and neutral aqueous solution, they are not electroactive in alkaline aqueous and non-aqueous solution. Electron transfer and mass transport mechanism of PPy film could be controlled by changing the surface coverage (thickness) and timescale of applied potential (scan rate). The charge-storage mechanism of PPy having different surface coverage was investigated using cyclic voltammetry.

The key point in this study is to illustrate the stability of PPy depending on the potential window. PPy electrodes have higher capacitance retention (higher stability) when the potential window of positive direction is limited to less than overoxidation of PPy (<0.6 V) either in acidic (0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) or neutral (0.5 M NaCl) electrolyte. Although PPy electrode exhibited a high stability during cycling with narrow potential window from -0.5 V to 0.5



V (more than 90% retention after hundreds of scans), the capacitance of PPy electrode decreases rapidly with wider potential window between -0.5 V and 1.0 V (after 10 scans, around only 20% retention).

The effect of the surface coverage of PPy films on the specific capacitance was also investigated. A specific capacitance of  $71 \text{ F g}^{-1}$  is obtained for a thick PPy electrode ( $\Gamma = 11.7 \mu\text{mol cm}^{-2}$ ) at a scan rate of  $5 \text{ mV s}^{-1}$  at room conditions.

**Key words:** Supercapacitor, polypyrrole, graphite.

This work was supported by Scientific Research Projects Unit of Giresun University (FEN-BAP-A-160317-35).



## CORROSION CHARACTERISTICS OF BORON CARBIDE AND BORAX REINFORCED ALIMINIUM MATRIX COMPOSITES

Abdulcabbar Yavuz

Department of Metallurgical and Materials Engineering Gaziantep University, Sehitkamil,  
Gaziantep, Turkey  
[ayavuz@gantep.edu.tr](mailto:ayavuz@gantep.edu.tr)

N. Fazıl Yılmaz

Department of Mechanical Engineering Gaziantep University, Sehitkamil, 27310,  
Gaziantep, Turkey  
[nfyilmaz@gantep.edu.tr](mailto:nfyilmaz@gantep.edu.tr)

Musa Yılmaz

Department of Mechanical Engineering Gaziantep University, Sehitkamil, 27310,  
Gaziantep, Turkey

M. Yakup Hacıibrahimoğlu

Department of Metallurgical and Materials Engineering Gaziantep University, Sehitkamil,  
Gaziantep, Turkey  
[yakup@gantep.edu.tr](mailto:yakup@gantep.edu.tr)

Metin Bedir

Department of Engineering Physics, Gaziantep University, Sehitkamil, 27310, Gaziantep,  
Turkey  
[bedir@gantep.edu.tr](mailto:bedir@gantep.edu.tr)

**ABSTRACT:** Fabrication of the composites based on low-density metals is required for the potential automotive and aerospace applications due to their high strength to weight ratio. While mechanical properties of these metal matrix have been studied in detail and improved, corrosion behaviour of these composites has relatively much less information in the literature. Studies related to metal-matrix composites are generally more susceptible to corrosion than bulk metals/alloys (matrix). The aim of this study is to examine corrosion behaviour of boron oxide ( $B_4C$ ) and borax reinforced Al matrix composites.

Composites based on bulk aluminium reinforced with 5%, 10%, 15% and 20% weight fraction of  $B_4C$  particles ( $3.0 \mu m \pm 0.5 \mu m$ ) were produced by casting manufacturing route at  $800^{\circ}C$  at various holding time (30 min, 45 min and 60 min). The aluminium matrix composites containing reinforcing components of borax -while keeping all other parameters constant- was also produced. After solidification, the samples were prepared to find the corrosion behaviour of them in 3% wt. NaCl at room temperature ( $21 \pm 2^{\circ}C$ ). Indeed Al and Al-based alloys have a passive layer ( $Al_2O_3$ ) in atmospheric conditions but have pitting corrosion in chloride including media. As corrosion is one of the main problems to the use of metal matrix components, corrosion resistivity of them is required to be increased in chloride including media.

The corrosion rate of composites was compared with pure Al (99.9%) and commercialised Al (Al 7075). The corrosion rate of the composites (both including  $B_4C$  and borax) generally decreases with the presence of particles. As there is not directly an increase or decrease of corrosion rate with the amount of particles in Al, holding time and holding the



temperature of casting; the dependence of the corrosion rate could be related to the dispersion of particles in the aluminium matrix.

**Key words:** aluminium matrix, boron oxide, borax, corrosion

This work was supported by a research project number of MF.YLT.17.03 from Scientific Research Projects Unit (BAPYB), Gaziantep University.

**209-210-211-212**



## DRYING SHRINKAGE AND COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE WITH NANO-SILICA

Nihat Atmaca<sup>1</sup>, Ahmed Talib Kaky<sup>1</sup> and Adem Atmaca<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gaziantep University, Civil Engineering Department, TURKEY  
[atmaca@gantep.edu.tr](mailto:atmaca@gantep.edu.tr), [ahmedtalb.eng@gmail.com](mailto:ahmedtalb.eng@gmail.com)

<sup>2</sup>Gaziantep University, Energy Systems Engineering, TURKEY  
[aatmaca@gantep.edu.tr](mailto:aatmaca@gantep.edu.tr)

**Abstract:** The use of nano particles is one of the new technologies applied in concrete matrix. This paper presents the results of an investigation on the use of nano-silica as a supplementary cementitious material to improve the performance of normal concrete. Three replacement levels of nano-silica (i.e. 1, 3, and 5% by weight of the Portland cement) are employed and compared with normal concrete without nano-silica. Twelve concrete mixtures were designed with three different water/binder ratios (0.33, 0.45, and 0.55) with total cementations materials contents such as 380, 325 and 300 kg, respectively. Drying shrinkage and compressive strength properties of the concrete mixtures are evaluated. The results showed clearly that the inclusion of nano-silica significantly increased the compressive strength and drying shrinkage strain with respect to the normal concrete. It was seen that the replacement level of nano-silica, water/binder ratio, and the age of testing are among the main parameters directly affecting the experimental results. An increase of nano-silica content up to 3% yielded a higher compressive strength than that of concretes implemented by incorporating 0% and 5.0% nano-particles with the same w/b ratio. Moreover, an increase in the drying shrinkage has observed with the increase of w/b ratio and the addition of nano-silica.

**Keywords:** Nano silica; drying shrinkage; compressive strength



## USE OF SEWAGE SLUDGE ASH IN SOIL IMPROVEMENT

Süleyman Demir  
Kilis 7 Aralık University  
suleymandemir@kilis.edu.tr

Ali Fırat Cabalar  
Gaziantep University  
cabalar@gantep.edu.tr

**ABSTRACT:** The Sewage sludge ash (SSA) was added to the clay with the mixture ratio of 0% 10%, 20%, 30%. The SSA used in the research is a product generated during the combustion of sewage sludge in Gaziantep municipal wastewater treatment plant. The clay employed in the experimental studies was obtained from the Gaziantep University of Gaziantep campus. An intensive series of fall cone tests (FCT) were performed on the clay-SSA mixtures. The results indicated that the liquid limit estimates and undrained shear strength values of the mixtures were increased by the addition of SSA contents.

**Keywords:** Sewage sludge ash, fall cone, undrained shear strength.

## INTRODUCTION

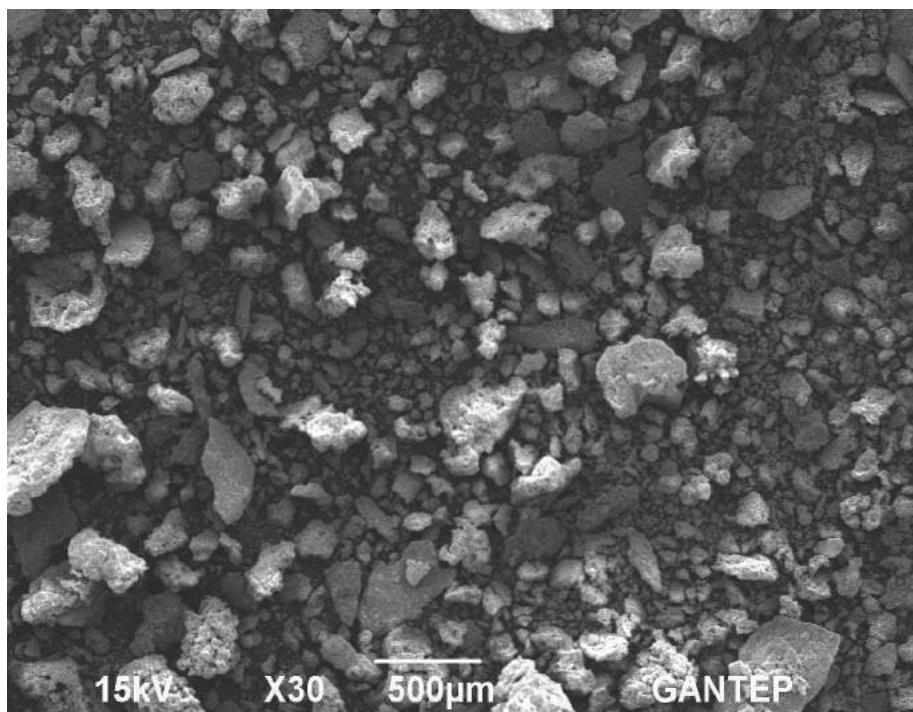
Sludge waste materials are one of the waste materials which many researches are available (Epstein, 1975; Moo and Zimmie, 1996; Al-Sharif et al., 2000; Lo at al., 2002; Ona and Osorio, 2006; Deng et al., 2007; Lin et al., 2007; Chen and Lin, 2009). Epstein (1975) mixed SSA with silty soil reviewed effect of SSA on the water retention, hydraulic conductivity, and aggregate stability in periodic time. The results indicated that additional of SSA increased the water retention, the hydraulic conductivity, and the stable aggregates. Some researchers claimed that some specification of sludges such as permeability similar to clays therefore sludges can be used for construction of barrier layers in landfill final covers (Moo and Zimmie, 1996; Lo et al., 2002). Moo and Zimmie (1996) found that Paper mill sludges have a high compressibility, and high Atterberg limits. Lin et al., (2007) use sludge/hydrated lime additive ratio in cohesive soil with 0%, 2%, 4%, 8%, 16%. The researchers reviewed the pH values, atterberg limits, compaction tests, unconfined compressive strength tests, swelling potential, CBR, and shear values of mixing. The results indicated that sewage sludge/hydrated lime decreased the plasticity index but increased CBR values, triaxial shear strength, unconfined compression strength, and shear strength. Lin et al. (2005) mixed clay and sludge ash indicated that the SSA increased unconfined compressive strength, CBR value, shear strength cohesion and the sludge ash additive reduce swelling and internal friction of the soil. Chen and Lin (2009) carried out a similar research but mixed clay with sludge/cement ratio. The result showed that CBR, unconfined compressive strength, triaxial compression and swelling properties of soil improved with the sludge/cement additions. Deng et al., 2007 found that dry unit weight, unconfined compressive strength, CBR values, cohesive parameter and shear strength increase with sludge ash added. Al-Sharif et al. (2000) used burned sludge ash as a soil stabilizing agent at 550 °C concluded that sludge could use as a soil stabilizing including dry density, unconfined compression test, swell pressure. In addition sludge could increase the resistance against erosion (Ona and Osorio, 2006).

As a result, SSA which is one of the waste products could improve geotechnical some geotechnical properties. Therefore, in this study, The SSA were added to the clay by dry

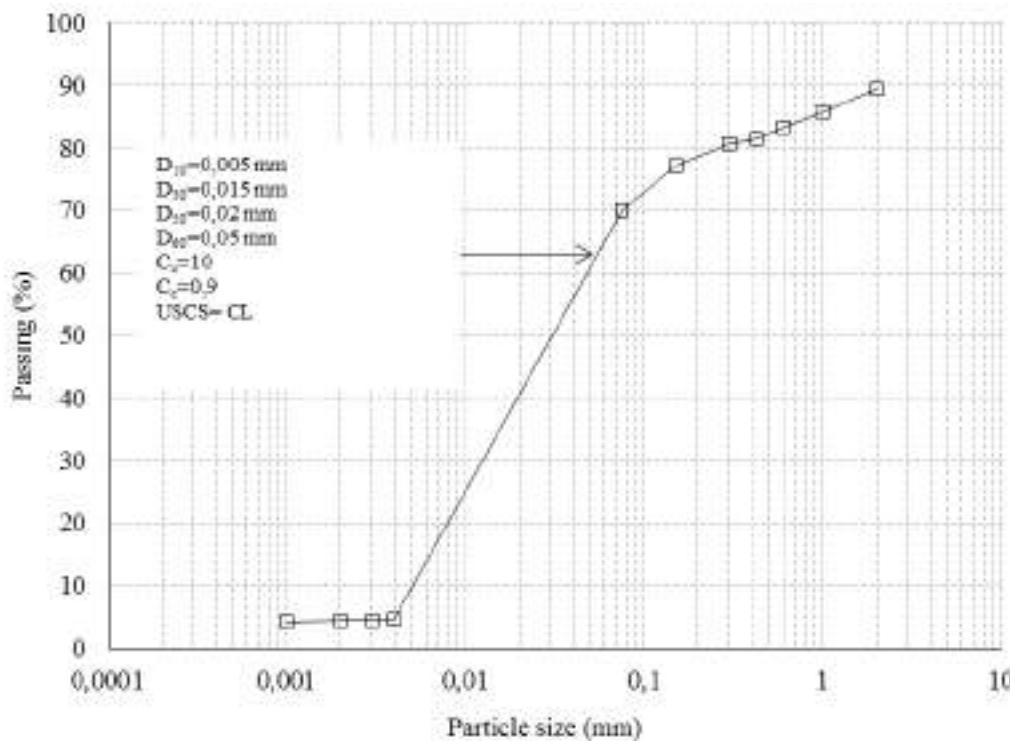
weigh with the mixture ratio of 0%, 10%, 20%, 30%. Clay used in the study collected from the Gaziantep university campus, SSA collected from Gaziantep municipal wastewater treatment plant. In the study FCT were conducted and how the SSA change of geotechnical properties of clayey soils was investigated.

## MATERIALS AND METHOD

The SSA used in the research is a by-product generated during the combustion of sewage sludge in Gaziantep municipal wastewater treatment plant. The scanning elektron microscope (SEM) picture of the SSA is shown in Figure 1.



**Fig 1. SEM picture for the SSA used the experimental study**



**Fig 2. Particle size distributions for the clay used in the experimental study**

The clay samples used in this study were collected from Gaziantep university campus. The results of sieve analysis of clay are shown in Figure 2. The mixtures were waited in the oven for 24 hours at 105 °C before experimental study. The dry mixtures were prepared by calculated the desired SSA and clay in percent by dry weight and mixed in dry state until a homogeneous distribution was observed. FCT were carried out according to BS 1377 using a British fall cone apparatus having a 30° cone and weighing 0.785 N. It has been indicated that the fall cone testing is a strength measuring device and Hansbo (1957) suggested that undrained shear strength ( $s_u$ ) can be found by using Equations 1.

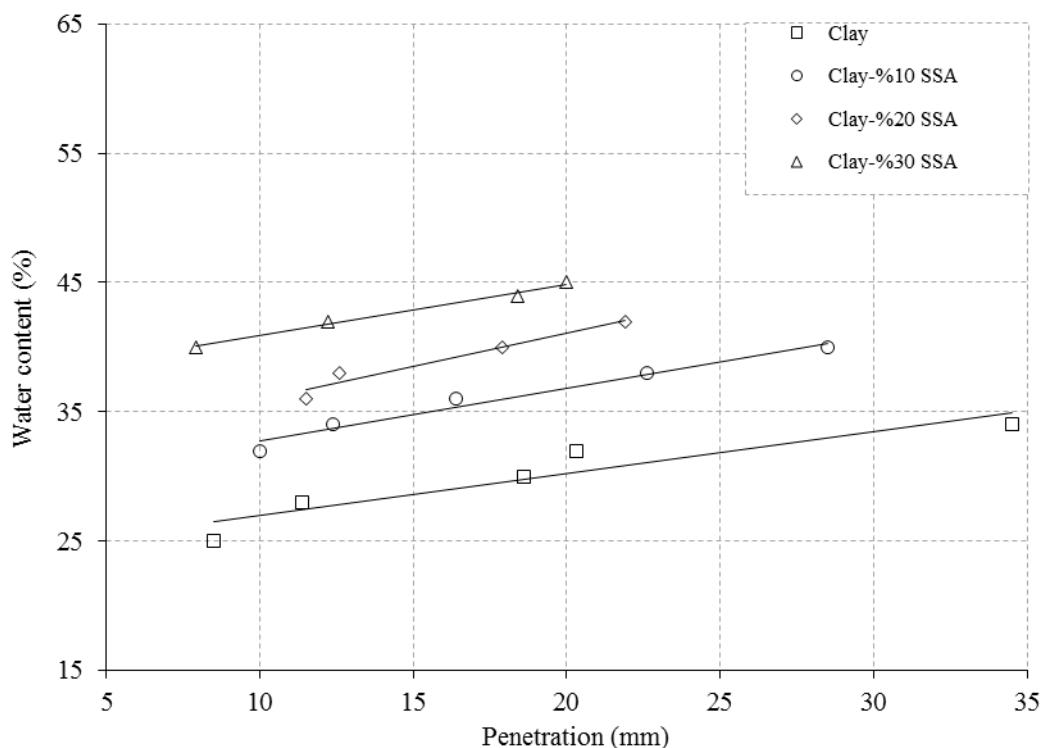
$$s_u = k \frac{mg}{d^2} \quad (1)$$

where,  $m$  is the mass of cone,  $g$  is the gravitational acceleration,  $k$  is a constant, which changes based on the angle of the cone and it is found to be 0.85 for the 30° British cone (Wood, 1985),  $d$  is a penetration of cone into soil.

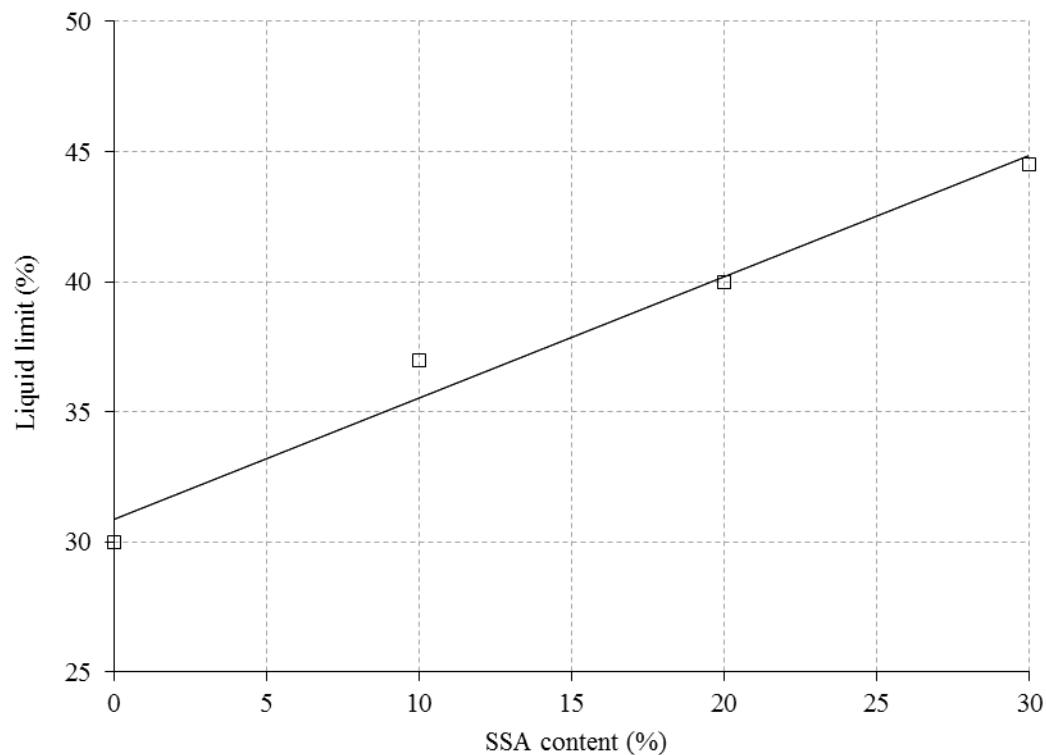
## RESULTS AND FINDINGS

Variations of FCT penetration and the water content for each of the mixtures are shown in Fig. 3. As can be seen from Fig. 3, there is an approximately linear relationship between the cone penetration and the water content. As the water content increase the cone penetration values are increase for each mixture. In addition, at a given water content as the SSA content increases, the penetration of mixtures decreased which means SSA increased the resistance of penetration. From FCT results liquid limit values generally obtained by water content corresponding 20 mm cone penetration (Cabalar and Mustafa, 2015). The liquid limit results are shown in Fig. 4. With the increase of the SSA liquid limit values were increased. While the liquid limit of clay was 30, with the addition of 20%

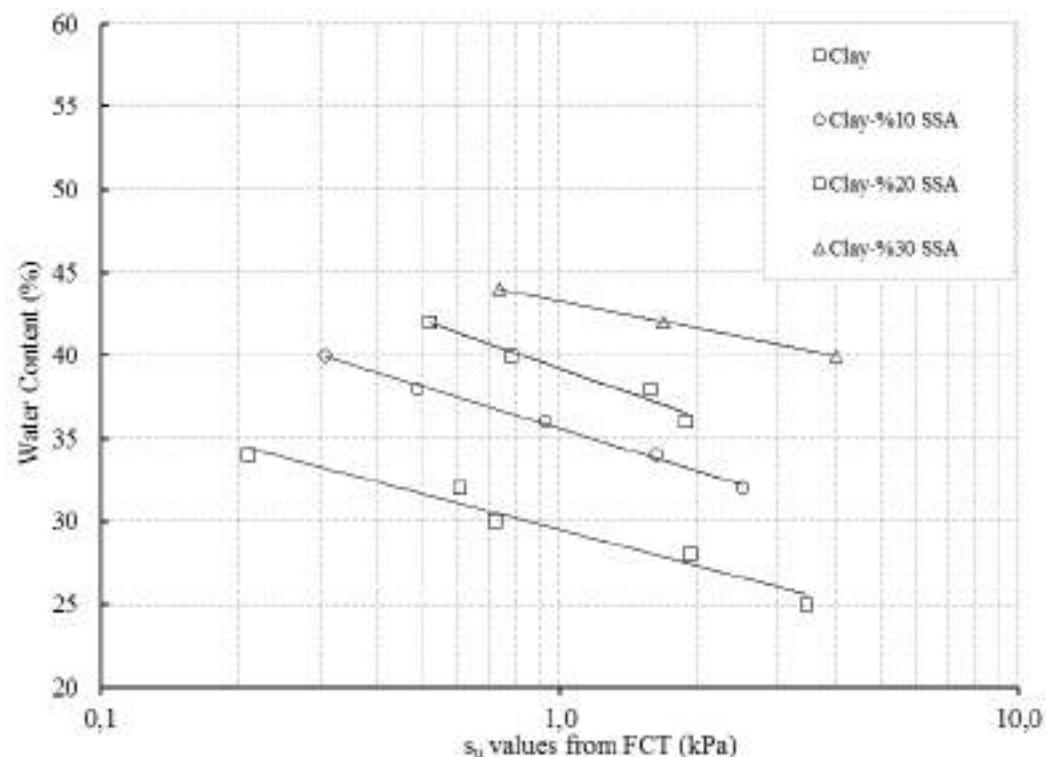
and 30% SSA, the estimated value of liquid limit increased at a rate of 33.33% and 46.66% respectively.  $s_u$  values from FCT were found from equation 1 and are showed a relation with water content (Fig.5). As can be seen from Fig.4 as increase water content for each mixing the  $s_u$  values are decrease.  $s_u$  values increase with the increase of SSA value at same water content. The 10% and 20% SSA content with the following values of 40% water content,  $s_u$  values of 10% SSA content was 0.3 kPa while  $s_u$  with 20% SSA was 0.8 kPa which mean increased at the rate of 166%. This behaviour could attributed to increase suction stress with the SSA addition as Veeresh et al., 2003 and Epstein, 1975 concluded. Suction stress could increase penetration resistance and undrained shear strength (Likos and Jaafar, 2014). Similar results were found by Lin et al. (2005) who indicated that SSA increased triaxial shear strength.



**Fig 3. Variation of cone penetration with water content for clay with various SSA content**



**Fig 4. Liquid limit of clay with various SSA content**



**Fig 5. Relationship between undrained shear strength and water content for the clay with various SSA content**



## CONCLUSIONS

The presence of SSA affected liquid limit and undrained shear strength characteristics of the clayey soil. SSA significantly increased the values of liquid limit of clay soils. Falcone penetration and undrained shear strength values with water content showed a linear behavior in all mixtures. The  $s_u$  values were observed an increase with the SSA content.

## REFERENCES

- Chen, L., & Lin, D. F. (2009). Stabilization treatment of soft subgrade soil by sewage sludge ash and cement. *Journal of Hazardous Materials*, 162(1), 321-327
- De Oña, J., & Osorio, F. (2006). Application of sludge from urban wastewater treatment plants in road's embankments. *Journal of Hazardous Materials*, 131(1), 37-45
- Lin, D. F., Lin, K. L., & Luo, H. L. (2007). A comparison between sludge ash and fly ash on the improvement in soft soil. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 57(1), 59-64.
- Cabalar, A. F., & Mustafa, W. S. (2015). Fall cone tests on clay-sand mixtures. *Engineering Geology*, 192, 154-165.
- Epstein, E. (1975). Effect of sewage sludge on some soil physical properties. *Journal of Environmental Quality*, 4(1), 139-142.
- Moo-Young, H. K., & Zimmie, T. F. (1996). Geotechnical properties of paper mill sludges for use in landfill covers. *Journal of Geotechnical Engineering*, 122(9), 768-775.
- Hansbo, S., 1957. A new approach to the determination of the shear strength of clay by the fall-cone test. *R. Swedish Geotech. Inst. Proc. No. 14* ( $7 \pm 47$ ).
- Likos, W. J., & Jaafar, R. (2014). Laboratory fall cone testing of unsaturated sand. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 140(8).
- Lin, D. F., Luo, H. L., Hsiao, D. H., & Yang, C. C. (2005). The effects of sludge ash on the strength of soft subgrade soil. *Journal of the Chinese Institute of Environmental Engineering*, 15(1), 1-10.
- Lin, D. F., Lin, K. L., Hung, M. J., & Luo, H. L. (2007). Sludge ash/hydrated lime on the geotechnical properties of soft soil. *Journal of Hazardous Materials*, 145(1), 58-64
- Lo, I. M., Zhou, W. W., & Lee, K. M. (2002). Geotechnical characterization of dewatered sewage sludge for landfill disposal. *Canadian Geotechnical Journal*, 39(5), 1139-1149.
- Sharif, A., Munjed, M.; Attom, M.F. (2000). The Use of Burned Sludge as a New Soil Stabilizing Agent. ASCE National Conference on Environmental and Pipeline Engineering, Kansas City, MO, July 23–26; 378-388
- Veeresh, H., Tripathy, S., Chaudhuri, D., Ghosh, B., Hart, B., & Powell, M. (2003). Changes in physical and chemical properties of three soil types in India as a result of amendment with fly ash and sewage sludge. *Environmental Earth Sciences*, 43(5), 513.
- Wood, D.M. (1985). Some fall cone tests. *Geotechnique* 35 (1), 64–68.



## APHIDS SPECIES IN WHEAT FIELDS IN DIYARBAKIR PROVINCE, TURKEY

Erol Bayhan Selime Ölmez Bayhan  
Dicle Üniversitesi Ziraat Fak. Bitki Koruma Bölümü, Diyarbakır

**ABSTRACT:** This study was carried out during 2015 and 2016 in Diyarbakır province, for surveying the aphid species and their density in wheat fields. The aphids were collected by -infested leaves and root of wheat plants. The samples were taken by scanning the wheat plants at this location. The samples were taken into 70% alcohol and then the preparation process was carried out. Five aphid species were identified as the result of the study. These species are *Sitobion avenae* (Fabricus), *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus), *Rhopalosiphum maidis* (Fitch), *Schizaphis graminum* (Rodani) and *Smynthurodes betae* (Westwood, 1848). *Sitobion avenae* has been mostly observed than other species. In some places, it has been found that *Smynthurodes betae* is common and intense in plant roots.

**Key words:** Diyarbakır, Wheat, Aphid



## POSSIBLE EFFECTS OF GLOBAL WARMING ON INSECTS

Selime Ölmez Bayhan<sup>1</sup>, Berna Kaymak<sup>2</sup>, Erol Bayhan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dicle Üniversitesi Ziraat Fak. Bitki Koruma Bölümü, Diyarbakır

<sup>2</sup>Diyarbakır Zirai Mücadele İstasyonu, Diyarbakır

**ABSTRACT:** It is the belief that climate change is a global phenomenon accepted by almost all climate exerts today. It is a fact that Turkey will be much affected by the climate changes that may be due to its geographical location. It is thought that the main cause of pest outbreaks in Turkey's forests in recent years is the drought caused by climate change. It is inevitable that this climate change affects all living things on Earth. Insects are a very rich group in terms of species and form a large group that will be affected positively and negatively from future changes. Because Insects are poikilothermal, they are the most affected and reacting organisms against climate change; because they have direct and powerful influences on their development, habitat and their abundance. It is thought that species with a wide geographical spread tend to be less affected. Global warming will also reduce the effectiveness of synthetic chemicals for the management of host plant resistance, transgenic plants, natural enemies, biopesticides and pests. It is seen that harmful insect species will cause additional damage to plants by increasing their life, productivity and their population. It is necessary to take measures to prevent possible damage caused by climate change. In order to be effective and sustainable measures to be taken, biological resources need to be protected with a sense of responsibility within national and international agreements.



## EFFECTS OF PLANT EXTRACTS OF BAKAYAN TREE (*MELIA AZADIRACHTA L.*) ON COTTON APHID, *APHIS GOSSYPII* GLOVER (HEMIPTERA: APHIDIDAE)

Selime Ölmez Bayhan<sup>1</sup>, Necmettin TAŞKIRAN<sup>2</sup>, Erol Bayhan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dicle Üniversitesi Ziraat Fak. Bitki Koruma Bölümü, Diyarbakır

<sup>2</sup>Diyarbakır Zirai Mücadele İstasyonu, Diyarbakır

**ABSTRACT:** Azadirachtin, spinosad and plant extract of Bakayan tree against to *Aphis gossypii* were tested for contact effects at different concentrations against the pre-adult periods.

It has been determined that the mortality rate of the cotton aphid individuals treated with Azadirachtin reached 100 % on the 5th day and this value was obtained on the 2nd day in Spinosad treated the cotton aphid individuals. Similarly, the extract of *M. azadirachta* was affected on the 2nd day of 50 cc dose application. When the data obtained from 40 and 50 cc doses of Melia extract were examined, it was observed that 100 % mortality was detected on the 2nd day in both doses and this rate was reached on the fourth day in 30, 20, 10 and 5 cc doses. In this study; the doses of 40 and 50 cc of the extract obtained from *M. azadirachta* killed 100 % of *A. gossypii* on the second day and thus the insecticidal effect of this extract against the pest was determined.

## ZAMZALAK (*MELİA AZADİRACHTA L.*) BİTKİ EKSTRAKTALARININ PAMUK YAPRAKBİTİ, *APHİS GOSSYPIİ* GLOVER (HEMIPTERA: APHİDİDAE)'YE ETKİSİ

Selime Ölmez Bayhan<sup>1</sup>, Necmettin TAŞKIRAN<sup>2</sup>, Erol Bayhan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dicle Üniversitesi Ziraat Fak. Bitki Koruma Bölümü, Diyarbakır

<sup>2</sup>Diyarbakır Zirai Mücadele İstasyonu, Diyarbakır

**ÖZET:** Azadirachtin, Spinosad ve Zamzalak bitki ekstraktı *Aphis gossypii* ergin öncesi dönemlerine karşı farklı konsantrasyonlardaki kontakt etki deneme yürütülmüştür. Azadirachtin uygulanan Pamuk yaprakbiti bireylerinde ölüm oranının 5. günde % 100'e ulaştığı, bu değerin Spinosad uygulanan bireylerde 2. gün elde edildiği belirlenmiştir. *Melia azadirachta* uygulamasında ise 50 cc doz uygulamasında 2. günde elde edilmiştir. Melia ekstraktının 40 ve 50 cc doz uygulamalarından elde edilen veriler incelendiğinde her iki dozda da 2. gün % 100 oranında ölümlerin tespit edildiği, 30, 20, 10 ve 5 cc doz uygulamalarında ise bu oranın ancak 4. günde meydana geldiği görülmektedir. Çalışma sonucunda; *Melia azadirachta*'dan elde edilen eksraktın 40 ve 50 cc dozlarının ikinci günde *Aphis gossypii*'yi % 100 oranında öldürdüğü, dolayısıyla bu ekstraktının söz konusu zararlıya karşı insektisit etkisi ortaya konulmuştur.



## PTS BASED ON REAL-CODED SIMULATED ANNEALING ALGORITHM FOR PAPR REDUCTION IN OFDM SYSTEMS

Yüksel TOKUR BOZKURT

Department of Electronic and Automation, Vocational School of Technical Sciences,  
Gaziantep University, Gaziantep, Turkey  
tokur@gantep.edu.tr

Necmi TAŞPINAR

Department of Electrical and Electronic Engineering, Faculty of Engineering, Erciyes  
University, Kayseri, Turkey  
taspinar@erciyes.edu.tr

**ABSTRACT:** Desire to improve the efficiency of modulation techniques for wideband digital communication systems has led to the implementation of peak-to-average power ratio (PAPR) reduction schemes in Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM). The PAPR reduction performance of PTS schemes on OFDM systems has been investigated by many researchers and low computational efficiency has been reported as the main drawback of PTS scheme in several papers. This study aims to investigate the efficacy and feasibility of a PAPR reduction method based on a combination of real-coded simulated annealing algorithm with PTS scheme in enhancing the PAPR reduction and computational performance of OFDM systems. A series of simulations with varying values for the parameters of PTS based on real-coded simulated annealing algorithm schemes are performed to validate the effectiveness of the method. The CCDF and computational complexity are used as a measure of PAPR reduction performance. The results show that the combination of real-coded simulated annealing algorithm with PTS scheme have significant improvements on the PAPR reduction and computational efficiency of PTS scheme in OFDM systems.

**Key words:** OFDM, PAPR, PTS, real-coded simulated annealing algorithm.

### INTRODUCTION

The Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) system has already proven its worth as high data rate transmission technology in digital communications having low cost transmitter, simple receiver, sub-carrier rate adaptation, resistance to fading, high spectrum efficiency, and robustness to interference (Lim, Heo, & No, 2009). Because of that, application areas of OFDM systems have extended day by day. Nowadays, OFDM systems have become one of the most popular technology in several communication technologies such as asymmetric digital subscriber line (ADSL), IEEE 802.16a, IEEE 802.11a/g, digital audio broadcast (DAB) and digital video broadcast (DVB) services (Patidar, Mishra, & Saxena, 2016). However, OFDM systems are stricken from high peak-to-average ratio (PAPR) which causes distortions in transmitted signals, reduction in efficiency of RF amplifiers, and complexities in digital-to-analog and analog-to-digital converters (Joshi, & Saini, 2013). Thus, in the past few decades, the reduction of PAPR has attracted significant interest in the field of digital communications.

Numerous techniques have been introduced and employed to reduce the PAPR on OFDM systems such as active constellation extension (Krongold, & Jones, 2003), clipping (Wang,



Guo, & Zhou, 2009), interleaving (Jayalath, & Tellambura, 2000), coding (Jones, Wilkinson, & Barton, 1994), peak windowing (Chen, Ansari, & Yao, 2009), clipping and filtering (Li, & Cimini, 1998), pre-distortion (Sharma, Tomar, & Gupta, 2011), selective mapping (Jie, Lei, Quan, & De, 2007), tone reservation (Chen, & Li, 2010), tone injection (Chen, & Wen, 2010), and partial transmit sequence (Cimini, & Sollenberger, 2000). The probabilistic scrambling techniques are based on scrambling of the input data and transmission of data sequence with lowest PAPR. Tone reservation, selective mapping (SLM), tone injection, and partial transmit sequence (PTS) techniques are the examples of probabilistic scrambling techniques. Among all these PAPR reduction techniques, PTS is one of the promising distortionless technique that based on scrambling of the input data and transmission of data sequence with lowest PAPR. It also provides remarkable PAPR reduction performance and has been successfully used in numerous digital communication applications.

However, the computational procedure to determine the sequence with lowest PAPR is a comprehensive search tasks that restricts the applications of PTS techniques on practical systems. The complexity of computational procedure increases exponentially with the increase in number of sub-blocks.

In recent years, to overcome the inherent computational complexity of PTS technique, suboptimal search strategies are introduced into its computational procedure. Numerous researches have been dedicated to the introduction of suboptimal search strategies into PTS scheme such as random search (Cimini, & Sollenberger, 2000), cuckoo search (Bozkurt & Taspinar, 2016), differential evolution (Hung, & Huang, 2012), artificial bee colony (Taspinar, Karaboga, Yildirim, & Akay, 2011), parallel tabu search (Taspinar, Kalinli, & Yildirim, 2011), harmony search (Kermani, Salehinejad, & Talebi, 2011), and particle swarm optimization (Gao, Wang, & Wang, 2010). In these researches, PAPR reductions with less computational complexities have been reported as compared to conventional PTS technique.

In this paper, a PTS technique based on suboptimal simulated annealing algorithm is proposed to reduce both PAPR in OFDM systems and complexity of computational procedure in PTS scheme. The simulated annealing, proposed by Kirkpatrick et al. (1983), is a metaheuristic optimization algorithm based on analogy to annealing process in solids. In Section 2 the theoretical description of OFDM system is introduced. In Section 3 and 4 traditional PTS and the real coded simulated annealing optimization algorithm (RCSA) for PAPR reduction are explained, respectively. The simulation results are presented in Section 5. Section 6 concludes the paper.

## SYSTEM MODEL OF OFDM

The OFDM modulated signal can be described by

$$x_n(t) = \sum_{k=0}^{N-1} x_{n,k} e^{j2\pi \Delta f t}, \quad 0 \leq t \leq T_s \quad (1)$$

where  $\Delta f$ ,  $T_s$  and  $N$  are the subchannel space, the symbol duration and the number of subchannels of OFDM signals, respectively. The symbol duration should be long enough such that  $T_s \Delta f = 1$ , which is also called the orthogonal condition since it makes  $e^{-j2\pi \Delta f t}$  orthogonal to each other for different  $k$  for the receiver to demodulate the OFDM signal. If there is no channel distortion, at the receiver the transmitted symbols  $x_{n,k}$  can be expressed as



$$x_{n,k}(t) = \frac{1}{T_s} \int_0^{T_s} x_n(t) e^{-j2\pi k \Delta f t} dt \quad (2)$$

In the discrete time domain based on signal power the PAPR of OFDM signal can be represented by the ratio between the peak power and the average power of an OFDM signal, which can be showed by

$$PAPR(x_n) = 10 \log_{10} \frac{\max_{0 \leq n \leq N-1} \{ |x_n|^2 \}}{E\{|x_n|^2\}} dB \quad (3)$$

where  $\max\{\cdot\}$  and  $E\{\cdot\}$  represent the maximum operation and the expectation operation, respectively.

Besides, to compare and evaluate PAPR reduction schemes' the performances, complementary cumulative distribution function (CCDF) is generally made use of which can be described by

$$CCDF(N, PAPR_0) = Pr\{PAPR > PAPR_0\} = 1 - (1 - e^{-PAPR_0})^N \quad (4)$$

where PAPR0 shows a dedicated value of PAPR.

When the oversampling factor  $L$  that generally acknowledged in the discrete time domain is 4, the PAPR performance of discrete-time OFDM signals is pretty much like as that of continuous-time OFDM signals. To approximate right PAPR performance, it can be accomplished by  $LN$ -point inverse fast Fourier transform of symbol sequence with  $(L-1)N$  zero-padding(Cimini, & Sollenberger, 2000).

## TRADITIONAL PTS

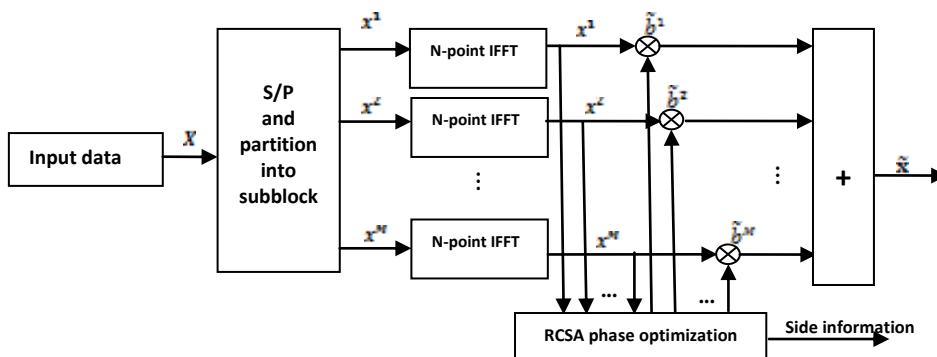
The functional block diagram of a distinctive partial transmit sequence combined real cede simulated annealing algorithm optimization is shown in Figure 2. The PTS approach partitions transmitted symbols for an OFDM block into M disjoint subblocks and pads zeros for N-point IFFT for each subblocks. Consequently, the nth component of  $X_m$  can be maintained given by

$$X_{nm} = \sum_{k=(m-1)L}^{mL-1} X_k e^{j2\pi \frac{kn}{N}} \quad (5)$$

where subblocks of size  $L=N/M$ . For each sub-block, a phase weighting factor is adopted for weighting it. The resulting sub-blocks are combined to diminish PAPR after being multiplied by phase rotation vectors. There wards, by using IFFT operation, the applicant sequence  $x_n$  can be shown by

$$x_n = \sum_{m=1}^M b_m \cdot IFFT\{X_{nm}\} = \sum_{m=1}^M b_m x_{nm} \quad (6)$$

where  $b_m$  is the phase weighting factor for mth sub-block sequence and  $x_{nm}$  represents the mth sub-block sequence in the time domain. Finally, to transmit the one with the lowest PAPR is selected between all the applicant sequences.



**Fig.1. Blocks diagram of the RCSA-PTS model.**

For the receiver to detect the transmitted symbols side information  $\{b_m\}_{m=1}^M$  to optimize the PAPR of  $\{x_m\}_{m=0}^{N-1}$  need to be sent to receiver.

### REAL-CODED SIMULATED ANNEALING OPTIMIZATION ALGORITHM FOR PTS

To find minimal cost solutions to large optimization problems simulated annealing (SA) utilizes the principles of statistical mechanics regarding the behavior of many atoms at low temperature by minimizing the associated energy (Kirkpatrick, Gelatt & Vecchi, 1983). For investigating the ground states or low energy states of matter is very important in statistical mechanics. At very low temperatures these states are achieved but it is not sufficient to lower the temperature alone because of unstable states. By spending enough time at each temperature value, firstly the temperature is raised, then reduced by stages to a very low value. The stable low energy states are given this process. Evidence of convergence is given for SA if it is annealed sufficiently slowly [Wang, Guo, & Zhou, 2009]. A real coded SA based PTS scheme is described in this section.

At that state a solution vector  $b$  and the value  $f(b)$  represent a system state and the energy of the system. Firstly, initial vector  $\tilde{b}$  is selected, best solution  $\tilde{b} = \tilde{b}$  for  $i = 1, \dots, I - 1$ . Then the trial vector  $b$  is selected and  $\delta = f(b) - f(\tilde{b})$  is calculated. A uniform random number  $r$  in  $(0,1)$  is generated.

$$\tilde{b} = b \quad \text{if } (\delta < 0 \text{ or } r < e^{-\frac{\delta}{T}}) \quad (7)$$

$$\tilde{b} = b \quad \text{if } f(b) < f(\tilde{b}) \quad (8)$$

### SIMULATION

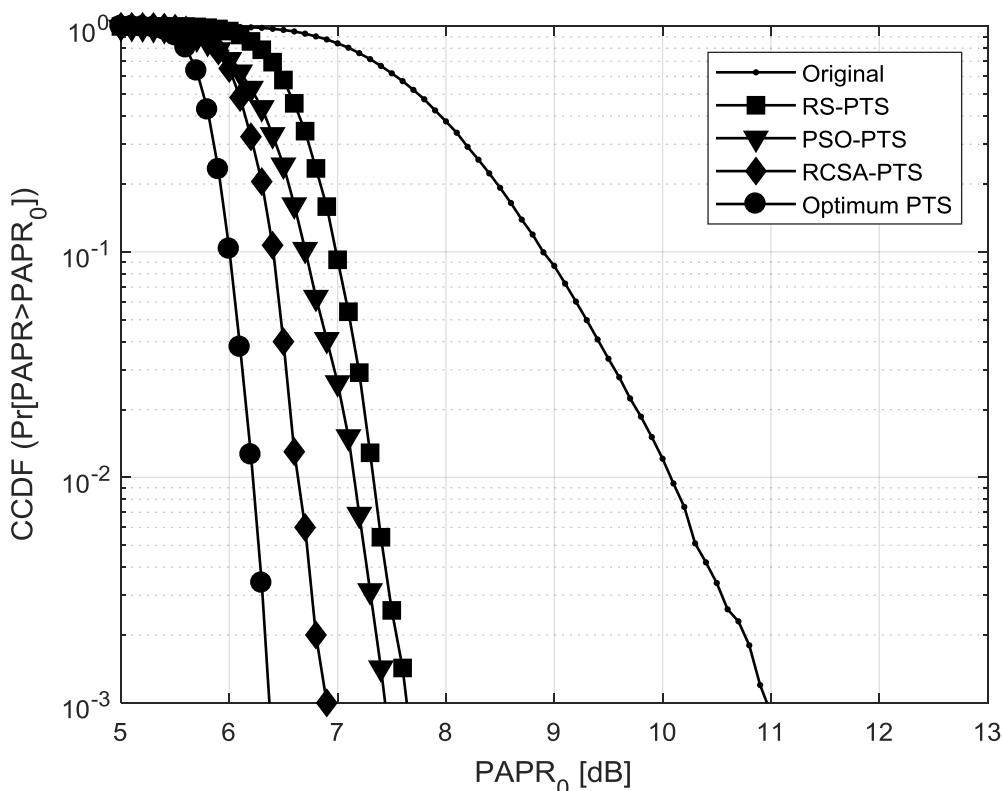
The simulation parameters were chosen as linear amplifier, SSPA, modulation method, 16-QAM, number of sub-carriers, 256, number of phase factor, 2, number of sub-blocks, 16, channel, AWGN, number of population, [16,32,64,128], number of iteration [5,10,25,50], initial temperature, 0.01, mutation rate, 0.001, temprature reduction rate, 0.99 and maximum sub-iteration, 5. The fundamental parameters of the simulations were summarized in Table 1.

**Table 1. Parameters For Simulations**

	Parameter	Value
<b>QAM</b>	modulation method	
<b>N</b>	number of sub-carriers	256
<b>SSPA</b>	linear amplifier	

<b>M</b>	number of sub-blocks	16
<b>W</b>	number of phase factor	2 ( $\pm 1$ )
<b>AWGN</b>	channel	
<b>NP</b>	number of population	16, 32, 64, 128
<b>K</b>	number of iteration	5, 10, 25, 50
<b>T0</b>	initial temprature	0.01
<b>MR</b>	mutation rate	0.001
$\alpha$	temp. reduction rate	0.99
<b>subK</b>	max. sub-iteration	5

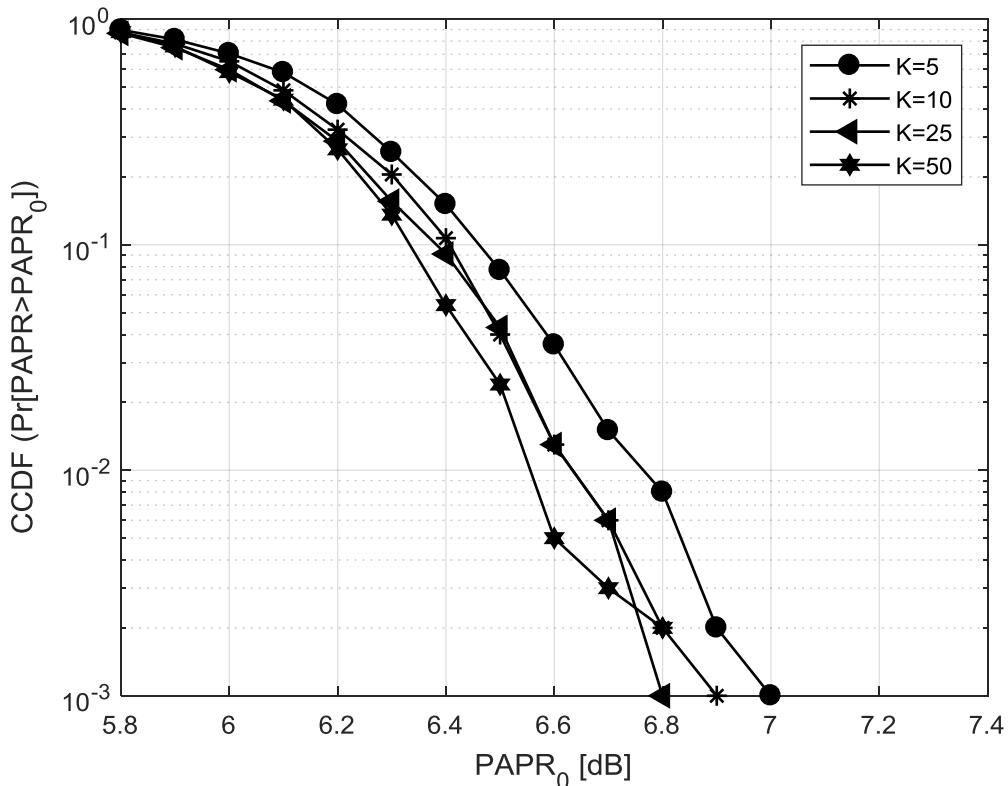
Figure 2 illustrates the CCDFs of PAPR of PTS scheme based on real coded simulated annealing optimization algorithm (RCSA), particle swarm optimization (PSO), random search (RS) and optimum PTS. The PAPR values are 10.96 dB for original, 7.62 dB for random search algorithm, 7.44 dB for Particle Swarm Optimization algorithm, 6.9 dB for Real Coded Simulated annealing algorithm, 6.37 dB for Optimum algorithm. It is seen that random search shows the worst performance while RCSA optimization algorithm shows the best performance for the PAPR reduction. For same search complexity, the PAPR of the RCSA-PTS is smaller **0.72 dB** and **0.54 dB** than that of RS-PTS and PSO-PTS, respectively. The comparison shows that the RCSA-PTS gives better PAPR reduction compared with RS-PTS and PSO-PTS in OFDM system.



**Fig.2. Comparison of the PAPR<sub>0</sub> (dB) versus CCDF for Original, RS-PTS, PSO-PTS, RCSA-PTS, and Optimum-PTS.**

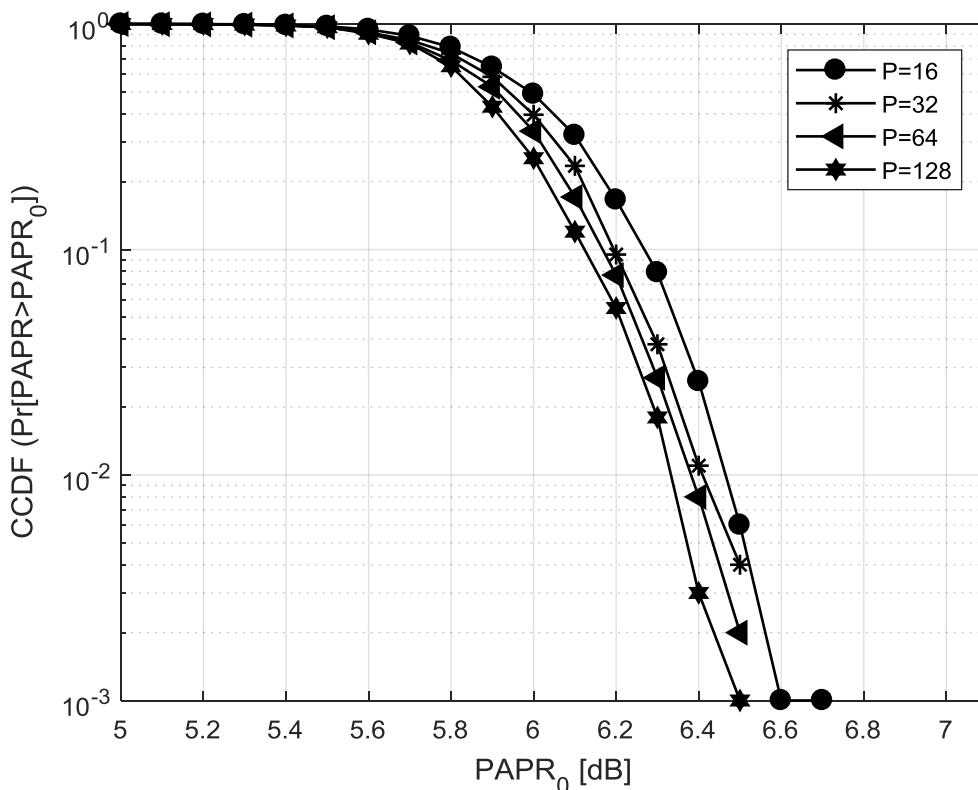
The variations of CCDFs of PAPR for different number of iteration, with number of population sixteen are shown. According to Figure 3, number of iteration equal five shows

the worst performance while number of iteration equal fifty shows the best performance for OFDM. The PAPR is 7 dB, 6.9 dB, 6.8 dB and 6.7 dB for numbers of iteration five, ten, twenty-five and fifty, respectively.



**Fig.3. Comparison of the PAPR<sub>0</sub> (dB) versus CCDF for RCSA-PTS with Different Values K for W = 2, M = 16, NP = 16.**

In Figure 4, the variations of CCDFs of PAPR for different number of populations, with number of iteration five are shown. According to Figure 4, number of population equal sixteen shows the worst performance while number of population equal one hundred twenty eight shows the best performance for OFDM. the PAPR is 6.6 dB, 6.56 dB, 6.53 dB and 6.5 dB for numbers of population 16, 32, 64 and 128, respectively. That an enhancement in population shows an enhancement in PAPR reduction performance is observed.



**Fig.4. Comparison of the PAPR<sub>0</sub> (dB) versus CCDF for RCSA-PTS with Different Number of Population for W = 2, M = 16, K = 5.**

## CONCLUSION

PTS based on RCSA optimization algorithm in OFDM system is proposed for the PAPR reduction with less computational load. In order to evaluate the PAPR reduction performance of the proposed RCSA-PTS scheme, the CCDF simulations are performed. Also, its performance is compared with the performances of original PTS, O-PTS, PSO-PTS and RS-PTS in the OFDM systems. Simulation results show that the PAPR reduction performance of the RCSA-PTS in the OFDM system is better than that of Original PTS, PSO-PTS and RS-PTS in the OFDM system.

## REFERENCES

- Bozkurt Y. T. & Taspinar N. (2016). PAPR reduction in OFDM systems using partial transmit sequence combined with cuckoo search optimization algorithm. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, 4, 260-263.
- Chen, G., Ansari, R., & Yao, Y. (2009) Improved peak windowing for PAPR reduction in OFDM. *69th Vehicular Technology Conference*. IEEE.
- Chen, J. C. & Li, C. P. (2010). Tone reservation using near-optimal peak reduction tone set selection algorithm for PAPR reduction in OFDM systems. *IEEE Signal Processing Letters*, 17, 933-936.
- Chen, J. C. & Wen, C. K. (2010). PAPR reduction of OFDM signals using cross-entropy-based tone injection schemes. *IEEE Signal Processing Letters*, 17, 727-730.
- Cimini, L. J., & Sollenberger, N. R. (2000). Peak-to-average power ratio reduction of an OFDM signal using partial transmits sequences. *IEEE Communications Letters*, 4, 86-88.



- Gao, J., Wang, J. & Wang, B. (2010). Improved particle swarm optimization for PAPR reduction of OFDM systems. *International Conference on Networking, Sensing and Control*. IEEE.
- Hung, H. L., & Huang, Y. F. (2012). Peak-to-average power ratio reduction in orthogonal frequency division multiplexing system using differential evolution-based partial transmit sequences scheme. *Communications IET*, 6, 1483-1488.
- Jayalath, A. D. S. & Tellambura, C. (2000). Reducing the peak-to- average power ratio of an OFDM signal through bit or symbol interleaving. *Electron Letters*, 36, 1161-1163.
- Jiang, G., Jinkuan, W., Zhibin, X. (2008). A new PTS technique to reduce the peak to average power ratio of OFDM system. *International Conference on Microwave and Millimeter Wave Technology*. IEEE.
- Jie, Y., Lei, C., Quan, L. & De, C. (2007). A modified selected mapping technique to reduce the peak-to-average power ratio of OFDM signal. *IEEE Transactions Consumer Electronics*, 53, 846-851.
- Jones, A. E., Wilkinson, T. A., & Barton, S. K. (1994). Block coding scheme for reduction of peak to mean envelope power ratio of multicarrier transmission scheme. *Electron Letters*, 30, 2098-2099.
- Joshi, A., & Saini, D. S. (2013). Peak-to-average power ratio reduction of OFDM signals using improved PTS scheme with low computational complexity. *WSEAS Transactions on Communications*, 12(12), 630-640.
- Kermani, E. M., Salehinejad, H. & Talebi, S. (2011). PAPR reduction of OFDM signals using harmony search algorithm. *18th International Conference on Telecommunications*. IEEE.
- Kirkpatrick, S., Gelatt Jr., C. D., & Vecchi, M. P. (1983). Optimization by simulated annealing, *Science*, 220(4598), 671-680.
- Krongold, B. S., & Jones, D. L. (2003). PAR reduction in OFDM via active constellation extension. *IEEE Transactions Broadcasting*, 49, 258-268.
- Li, X. & Cimini, L. J. (1998). Effect of clipping and filtering on the performance of OFDM. *IEEE Communications Letters*, 2, 131-133.
- Lim, D. W., Heo, S. J., & No, J. S. (2009). An overview of peak-to average power ratio reduction schemes for OFDM signals. *Journal of Communications and Networks*, 11, 229-239.
- Patidar, M. K., Mishra, A., & Saxena, R. (2016). Partial approximate gradient constellation for PAPR reduction in OFDM signals. *International Journal of Systems, Control and Communications*, 7(1), 83-96.
- Sharma, C., Tomar, S. K., & Gupta, A. K. (2011). PAPR reduction in OFDM system using adaptive coding technique with pre distortion method. *WSEAS Transactions Communications*, 10(9), 255-262.
- Taspinar, N., Kalinli, A., & Yildirim, M. (2011). Partial transmit sequences for PAPR reduction using parallel tabu search algorithm in OFDM systems. *IEEE Communications Letters*, 15, 974-976.
- Taspinar, N., Karaboga, D., Yildirim, M. & Akay, B. (2011). PAPR reduction using artificial bee colony algorithm in OFDM systems. *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, 19, 47-58.
- Wang, J., Guo, Y., & Zhou, X. (2009). PTS-clipping method to reduce the PAPR in ROF-OFDM system. *IEEE Transactions Consumer Electronics*, 55(2), 356-359.



## CALCULATION of SOLAR HEAT GAIN FACTOR VALUES FOR GAZİANTEP

Nesrin İLGİN BEYAZİT

Harran Üniversitesi

nilgin@harran.edu.tr

Hüsamettin BULUT

Harran Üniversitesi

hbultur@harran.edu.tr

Yunus DEMİRTAŞ

Harran Üniversitesi

yunusdemirtas@harran.edu.tr

**ABSTRACT:** For centuries, human beings build different structures in order to be protected from variable environmental conditions, to improve living conditions and to meet the needed for different usages. We are faced with rising energy demand to provide comfort conditions in buildings in the process of gradually decrease in fossil energy sources, environmental concerns and rising in energy costs and climate change. Solar Heat Gain Factor (SHGF) is one of the important parameter in calculation of heat gain and cooling load in heating and cooling buildings and in the design of air conditioning elements. In this study, SHGF values for Gaziantep Province are calculated and tabulated by using 12 years (period between 1999 and 2010) data of the horizontal global solar radiation and the wind velocity according to the wind direction obtained from the General Directorate of Turkish State Meteorological Service. The average of 12-year data of the SHGF is converted to one year SHGF values. In the study, variations of SHGF values for each reference day of the month are presented graphically according to the directions and SHGF values are given based on ASHRAE tables for each direction.

**Key words:** Solar Heat Gain Factor, Solar Radiation, Wind Speed

## GÜNEŞ ISI KAZANÇ FAKTÖRÜ DEĞERLERİNİN GAZİANTEP İLİ İÇİN HESAPLANMASI

**ÖZET:** İnsanoğlu yüzyillardır değişken çevre koşullarından korunabilmek, yaşam koşullarını iyileştirmek ve ihtiyaç duyulan kullanımlar için farklı yapılar inşa etmektedir. Fosil enerji kaynaklarının giderek azaldığı, enerji maliyetlerinin arttığı, iklim değişikliği ve çevresel kaygıların olduğu bir süreçte binalarda konfor şartlarını sağlamak için artan enerji talebiyle karşı karşıyayız. Güneş Isı Kazanç Faktörü (SHGF), binaların ısıtılması ve soğutulması ve iklimlendirme elementlerinin boyutlandırılmasında önemli olan ısı kazancı ve soğutma yükü hesabında önemli parametrelerden biridir. Bu çalışmada, Gaziantep ili için Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilen 1999-2010 yılları arasındaki 12 yıllık döneme ait yatay düzlem toplam güneş ışının verileri ve rüzgârin geldiği yöne göre rüzgar hızı verileri kullanılarak SHGF değerleri hesaplanmıştır. 12 yıllık döneme göre hesaplanan SHGF hesaplamalarının ortalamaları 1 yıllık SHGF değerlerine dönüştürülmüştür. Her ayın referans günü için SHGF değerlerinin yönlerine göre grafiksel değişimleri sunulmuş ve ASHRAE tabloları esas alınarak SHGF değerleri her yön için verilmiştir.



**Anahtar sözcükler:** Güneş Isı Kazanç Faktörü, Güneş Işinimi, Rüzgar Hızı, Gaziantep

## GİRİŞ

Yapıların pasif ısıtılmasında önemli parametrelerden biri güneş ışınımıdır. Yeryüzünde herhangi bir yüzeye gelen toplam güneş ışınım, direkt, difüz ve yansıyan ışınımından meydana gelir. Düzleme gelen ışınım, düzlemden direkt geçen, düzlemede absorbe olan ve düzlemden yansıyan ışınım olmak üzere 3 şekilde saydam yüzeyden geçmektedir. Güneşin gün içinde konumu değiştiğinden yapıların pencere açıklıklarının buna göre konumlandırılması bu enerjiden optimum şekilde faydalananılmayı mümkün kılacaktır. Çünkü iklimlendirme tesislerinin ilk kurulum maliyetleri ve işletme maliyetlerinin önemli bir kısmını pencerelerden geçen güneş ısı kazanç faktörü oluşturmaktadır. Bu sebeple etkisi optimize edilecek bu enerjinin potansiyelinin bilinmesi veya miktarının hesaplanması çok önemlidir.

Literatürde SHGF hesaplamalarının yanı sıra sıkılıkla soğutma yükü hesaplamaları ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Çünkü SHGF hesaplamalarında camın yuttuğu güneş ışınımının iç ortama geçiş oranı SHGF'in belirlenmesinde etkisi olduğu için rüzgar hızı verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Yapılan bir çalışmada, Hong Kong'un alt tropikal bölgesi için özellikle düşey yüzeylerdeki açıklıklardan kazanılan güneş ısı kazanç faktörünün binaların iklimlendirme performansını önemli bir şekilde etkilediğini Li ve ark. (2001), belirtmişlerdir. Li ve ark.(2001), berraklık indeksi ve difüz ışınım oranına göre belirlenen difüz ışınım miktarı ile elde edilen ısı kazancını hesaplamışlardır. ASHRAE mühendislik hesaplamalarına göre difüz ışınım oranına göre elde edilen ısı kazancının değişimini yatay düzlem ve düşey düzlem için karşılaştırmışlardır. Alsaad ve ark. (1999), 32° enlemde bulunan Amman'da 8 yön için güneş ısı kazanç faktörünü amprik formüllerle hesaplamışlardır. Nielsen ve ark. (2000), toplam güneş ışınımı geçirgenliği ifadesini amprik formüllerle hesaplayarak ve ısıl geçirgenlik katsayısının etkisi göz önünde bulundurup farklı camların veya pencerelerin enerji performansını karşılaştırmışlardır. Marinoski ve ark. (2007), pencerelerden geçen bir odaya nüfuz eden ısıl miktarın ölçümune ve aynı zamanda güneş faktörünün belirlenmesine olanak sağlayan bir düzenek hazırlayarak yatay düzlemede ısı kazancını ölçmek için sistem geliştirme çalışması yapmışlardır. Bulut ve ark. (2008), Türkiye'nin tüm iklim bölgelerini temsil eden 17 il için zamana ve pencere yönüne göre güneş ısı kazancını hesaplamışlardır. Türkiye'deki yerleşim yerleri için güneş ısı kazanç değerlerinin eksikliğini belirtip elde edilen sonuçları literatürde verilen tablo değerleri ile karşılaştırmışlardır. Oral ve ark. (2002), binalardaki pencerelerin toplam ısı transfer katsayıları değerinin belirlenmesi için bir metodoloji açıklamış ve diğer tasarım parametrelerinin yanında toplam pencere alanının yapı hacmine oranı (A/V) ile temsil etmişlerdir. İnşaat yapılmasına izin verilen U değerlerinin küçük olması termal konfor tasarım maliyetlerini artırdığı referans bir yapı üzerinde camların optimum U değerini belirlenmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Ekici ve ark. (2011), Elazığ iline ait 10 yıllık iklimsel verileri kullanarak farklı yönler için güneş ısı kazanç faktörünü hesaplamışlardır. Liu ve ark. (2011), yapı ile bütünsel fotovoltaik modüllerin maksimum enerji verimliliğini elde etmek için, PV hücre modülleri ile güneş ısı kazancı (SHG), bir sıcak kutu test düzeneği hazırlanarak test edilmiştir. Marinoski ve ark. (2011), kuzeYE yönlendirilmiş düşey düzlem güneş ışınım ölçüm verileri kullanılarak yapılarda bulunan açıklıklar ile kullanılan pencere camlarının güneş faktörünü belirleyen kalorimetreyi geliştirme çalışması yapmışlardır. Özel ve ark. (2004), tek ve çift camlı pencerenin güneş



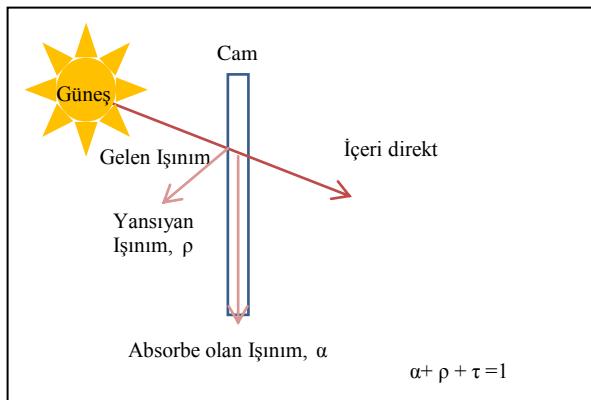
ısı kazancına ve pencere çıktılarının boyutuna etkisini araştırmışlardır. Pencere çıktı boyutunun cam tipine göre değişmediğini ısı kazancı miktarının ise cam tipine göre değiştiğini belirtmişlerdir.

Lee ve ark. (2006), bina yapılarının performansını geliştirmek için yalıtım kalınlığı, pencere açılış yönleri, çift pencere ve daha bir çok parametrenin bina yapısının performansını artırdığını belirtmişlerdir. Chatziangelidis ve ark. (2009), kapalı alanların iç yüzeyleri üzerindeki çoklu açıklıklardan kazanılan güneş ısı kazancının dağılımını hesaplamak için geliştirdikleri metodolojiyi, yüzey alanı oranına dayalı algoritmayı kullanan TRNSYS'in ticari yazılım programıyla karşılaştırmışlardır. Urbikain ve ark. (2009), çeşitli pencerelerin enerji performansını karşılaştırmak ve çeşitli hava koşulları için farklı potansiyel tasarıflar belirlemek için Pencere Enerji Derecelendirme Sistemi (WERS) öneren basit bir yöntem geliştirmiştir. İspanya'da iki iklim bölgesi için bir WERS elde etmemi amaçlamışlardır. Sethi ve ark. (2009), Yüzeye gelen toplam güneş ışınımı matematiksel modeller yardımıyla Doğu, Batı, Kuzey, Güney yönleri için hesaplamışlardır. İç ortama giren ısı kazancını enerji denge denklemiyle belirlemiştir. Chow ve ark. (2010), soğutma yüküne etki eden cam teknolojisini birkaç tasarım önerisiyle performans açısından inceleyip normal cam tipiyle mukayese etmişlerdir. Tzempelikos ve ark. (2010), normal çift cam, low- e çift cam ve low- e üç cam konfor bakımından ısı kazancına etkisini simülasyon programı ile mukayese etmişlerdir. Oliveti ve ark. (2012), iklimlendirilmiş alanları, açık hava veya komşu alanlardan ayıran cam içinden geçen güneş ışınımının absorbe edilmesini optik bir problem olması bakımından İtalya'da birkaç yer için önceden belirlenmiş gölgезiz çift camdan oluşan pencere sistemine referansla değerlendirmiştir.

Literatürde görüldüğü gibi camdan geçen güneş ışınım hesabı için birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalar ışığında camdan geçen toplam güneş ışınım hesabını doğrudan etkileyen SHGF değerlerinin belirlenmesi gerektiği görülmüştür. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden Gaziantep ili için saatlik yatay düzleme toplam ışınım, ve rüzgarın geldiği yöne göre rüzgar hızı verileri kullanılarak Duffie Bekman'a göre düzleme gelen güneş ışınım bileşenleri belirlenmiştir. ASHRAE (2009) (Amerika Isıtma, Soğutma, ve İklimlendirme Mühendisleri Birliği) SHGF hesaplamalarına göre SHGF değerleri 4 ana yön için hesaplanmıştır.

## YÖNTEM

Düzleme gelen ışınım direkt, difüz ve yansıyan ışınımından oluşur. Ancak düzleme gelen bu ışınım bileşenleri saydam yüzeylerden bir kısmı direkt geçer, bir kısmı cam yüzey tarafından absorbe edilir ve geri kalan kısmı ise çevreye yansır (Şekil 1).



Şekil 1. Güneşten gelen ışınınımın saydam yüzeydeki davranışları

ASHRAE (2009)'a göre güneş ısı kazanç faktörü(SHGF) hesabı eşitlik 1'deki gibi hesaplanmaktadır. Burada Ib, düzleme gelen direkt ışınım, Id, Düzleme gelen difüz ışınım ve Ir, düzleme başka bir cisimden yansıyan ışınımıdır. Td( $\theta$ ), saydam yüzeyin güneş ışınımını geçirgenlik oranı olup  $\alpha(\theta)$ , saydam yüzeyin absorbe etme oranıdır.

$$SHGF = I_b [T_d(\theta) + N_i \alpha(\theta)] + [I_d + I_r] [T_y + N_i \alpha] \quad (1)$$

Yapı tarafından yutulan güneş ışınımın iç ortama geçiş oranı eşitlik 2'deki gibi hesaplanmaktadır.  $h_i$ , iç ortam ısı taşınım katsayısı olup  $6 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  alınmıştır. Vs yapı düzlemi üzerindeki rüzgar hızı kullanılarak,  $h_0$ , dış ortam ısı taşınım katsayısı eşitlik (3) de olduğu gibi hesaplanır.

$$N_i = \frac{h_i}{h_i + h_0} \quad (2)$$

$$h_0 = 16.21 V_s^{0.452} \quad (3)$$

Vs rüzgar hızı belirlenirken Rüzgarın kuzey yönünden gelmesi durumunda;

$$V_s = 0.68 * V_r - 0.5 \quad (4)$$

Rüzgarın diğer yönlerden gelmesi durumunda;

$$V_s = 0.157 * V_r - 0.027 \quad (5)$$

şeklinde hesaplanmaktadır. Burada  $V_r$  (m/s) rüzgar hızı, meteoroloji istasyonlarından hangi yönünden geldiği belirtilerek ölçülmektedir. Saydam yüzey açıklıklardan geçen toplam ısı kazancı hesabı yapılırken Li ve arkadaşlarına(2001) göre; Td( $\theta$ ), saydam yüzeyin güneş ışınımını geçirgenlik oranı,  $\alpha(\theta)$ , saydam yüzeyin absorbe etme oranı, sırasıyla eşitlik 6 ve 7'deki formüllerle hesaplanabilir.

$$\begin{aligned} T_d(\theta) = & -0.00885 + 2.7123 * \cos(\theta) - 0.62062 * \cos^2(\theta) - 7.07329 * \cos^3(\theta) \\ & + 9.7599 * \cos^4(\theta) - 3.89922 * \cos^5(\theta) \end{aligned} \quad (6)$$

$$\alpha(\theta) = 0.001154 - 0.77674 * \cos(\theta) - 3.94657 * \cos^2(\theta)$$

$$+8.57881 * \cos^3(\theta) - 8.38135 * \cos^4(\theta) + 3.01188 * \cos^5(\theta) \quad (7)$$

difüz ışınım geçirgenliği  $T_y = 0.799$ , difüz güneş ışınım soğurganlığı  $\alpha = 0.0544$  alınmıştır.

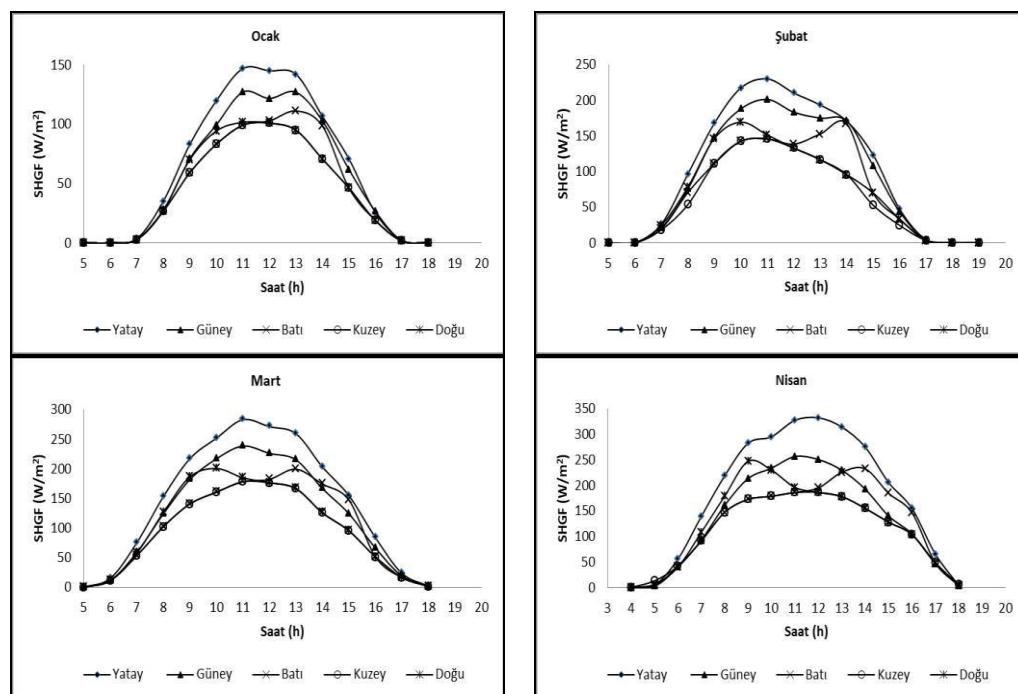
## BULGULAR

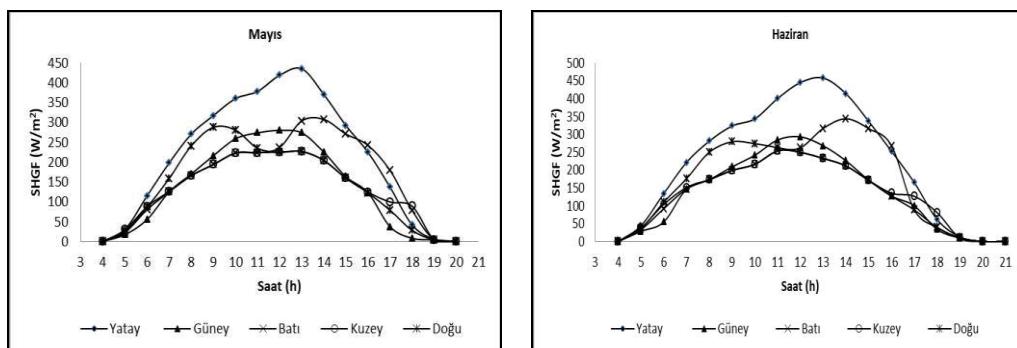
ASHRAE hesaplama metodu kullanılarak Gaziantep iline ait 12 yıllık iklimsel veriler kullanılarak ASHRAE çizelge standardında verildiği gibi her ayın referans günü sırası ile 21 Ocak, 20 Şubat, 22 Mart, 20 Nisan, 21 Mayıs, 21 Haziran, 23 Temmuz, 24 Ağustos, 22 Eylül, 25 Ekim, 21 Kasım, 22 Aralık için güneş ısı kazanç faktörü hesabı yapılmıştır.

Yılın 12 ayı içinde maksimum SHGF yatay düzlemde saydam yüzeyden kazanılan SHGF'dir. Ocak ayı yönlerle göre maksimum SHGF olduğu cephe güneydir. Yatay düzlemin güney düzleme göre ortalama SHGF değeri %13 daha fazladır. Yatay düzlemin, yönlerle göre ortalama SHGF değeri batı yönünden %26, kuzey yönünden, %31 ve Doğu yönünden %28 daha fazladır.

Şubat ayında güneşin yükselen hareketi ile birlikte bütün cephelerdeki maksimum SHGF değerinin artışı Şekil 2'de gözle görülmektedir. Yatay düzlemin ortalama SHGF değeri Güney yönünden %20 daha fazla olup Kuzey, Doğu, Batı cephelerle karşılaştırıldıklarında sırası ile %25, %28, %27'dir.

Mart ayı için yatay düzlemin ortalama SHGF değeri Güney yönünden %17 daha fazla olup Kuzey, Doğu, Batı cephelerle karşılaştırıldıklarında sırası ile %29, %36, %30 daha fazladır.





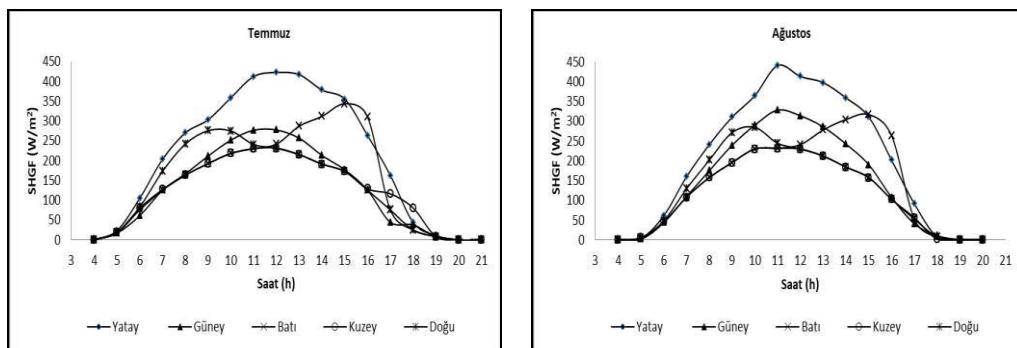
Şekil 2. Yılın ilk yarısı için aylık ortalama referans gün SHGF değerleri

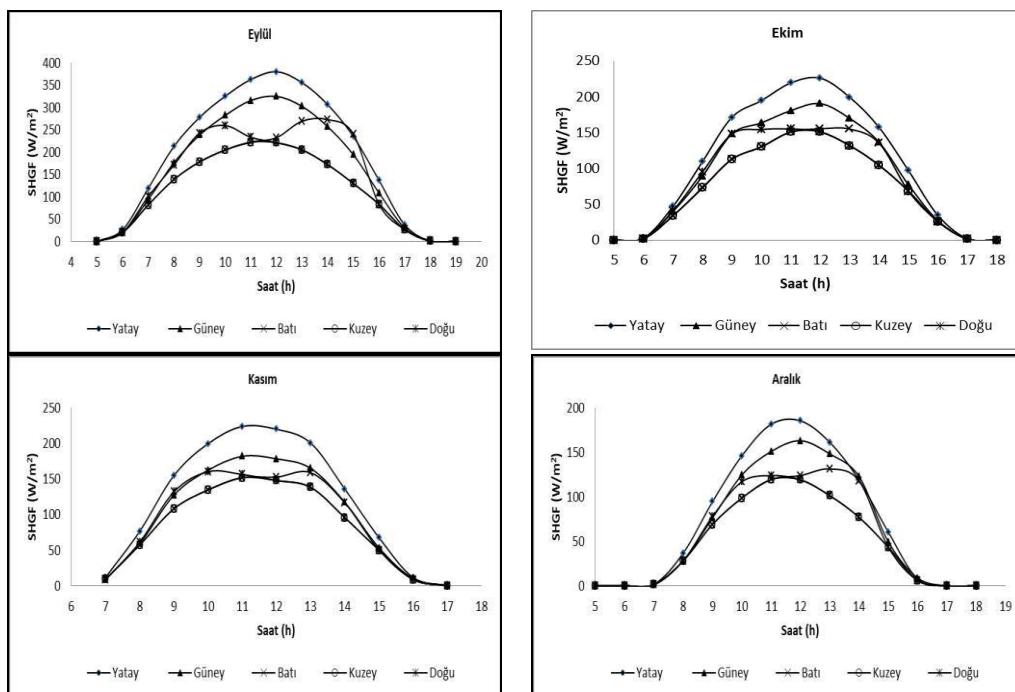
Nisan ayı için maksimum SHGF değeri Doğu yön içindir. Güney cephesine göre yatay düzlem ortalama SHGF %26 daha fazladır. Yatay düzlem günlük ortalama SHGF değeri Kuzey, Doğu, Batı cephelerle karşılaştırıldıklarında sırası ile %31, %40, %32 daha fazladır. Ayrıca Nisan ayı yatay düzlem SHGF değeri Mart ayı ile karşılaştırıldığında %36 artış göstermiştir.

Mayıs ayı için maksimum SHGF değeri cephelere göre Batı ve Doğu yönlerde görülmekte beraber gün içindeki ortalama SHGF değeri büyülüğu sırası ile Yatay, Güney, Kuzey, Batı ve Doğu yön içindir. Mayıs ayı yatay düzlem göre ortalama SHGF değeri ise Nisan ayına göre %29 artış göstermiştir.

Haziran ayı için maksimum SHGF batı cephesinde görülmüştür. Yatay düzlem ortalama SHGF değeri Mayıs ayına göre %7 artış göstermiştir. Cephelere göre ortalama SHGF değeri Mayıs ayına göre Güney cephesinde %25, Batı cephesinde %11, Kuzey cephesinde %40, Doğu cephesinde %34 artış göstermiştir. Yatay düzlem SHGF yıl içinde maksimum değerini Haziran ayında görülmüştür. Doğu yön içinde yıl içinde maksimum SHGF değeri Haziran ayında görülmüştür.

Yatay yüzeyler için Haziran ayına göre Temmuz ayında ortalama SHGF değerinde % 6 lik bir azalma görülmüştür. Haziran ayına göre Temmuz ayı için Güney cephelerde % 4, Batı cephelerde % 5, Kuzey cephelerde %4, Doğu cepheler için %7 lik bir azalma görülmüş olması ile birlikte maksimum SHGF değeri Temmuz ayında Batı yön için olmuştur.





Şekil 3. Yılın ikinci yarısı için aylık ortalama referans gün SHGF değerleri  
 Ağustos ayı ile birlikte Doğu ve Batı yönler SHGF değeri azalmaya başlamaktadır. Güney yön için SHGF değeri Kuzey yön'e göre artmaya başlamıştır. Güney cephe ortalama SHGF değeri Haziran ayında Kuzey cephe ortalama SHGF değerine göre %30 daha fazla ısı kazancı görülürken Ağustos ayı için bu değer %28'dir.

Eylül ayı için Güney cephe SHGF değerinde diğer yönlere göre artış görülmeye başlamıştır. Ağustos ayına göre yatay düzlem SHGF değeri %18 azalmıştır. Güney, Batı, Kuzey ve Doğu cepheler için Ağustos ayına göre sırası ile %20,%1, %23,%13 azalma olmuştur.

Ekim ayı ile beraber güneşin yeryüzü ile mesafesi giderek yakınlaşmakta ancak güneş işinleri yeryüzüne daha eğimli gelmektedir. Bu nedenle Ekim ayı yatay düzlem ve Güney cephesi için ortalama SHGF değerleri arasındaki fark giderek azalmış ve  $44 \text{ W/m}^2$  olmuştur. Eylül ayına oranla düzlemlere gelen SHGF değerlerinde büyük oranlarda azalmalar görülmüştür. Ekim ayı için SHGF değerlerinde Eylül ayına göre Güney, Batı, Kuzey ve Doğu cepheler için sırası ile %90,%91, %89,%70'lük düşüşler gözlemlenmiştir.

Kasım ayında Ekim ayı yatay düzlem ve Güney, Batı, Kuzey, Doğu cephelere göre SHGF değerlerinde sırası ile %15,%12, %15,%10,%9'luk düşüşler gözlemlenmiştir. Kasım ayı için yatay düzlem SHGF değerleri Güney cephesinden %28,Batı cephesinden %40, Kuzey cephesinden, %48, Doğu cephesinden %51 daha fazladır.

Aralık ayında ise yatay düzlem ve Güney, Batı, Kuzey, Doğu cephelere göre SHGF değerlerinde Kasım ayına oranla sırası ile %29,%31, %22,%28,%30'luk düşüşler gözlemlenmiştir. Kasım ayı için yatay düzlem SHGF değerleri Güney cephesinden %27,Batı cephesinden %36, Kuzey cephesinden, %46, Doğu cephesinden %52 daha fazladır.

## SONUÇ



Artan enerji talebi insanlık için önemli bir problemdir. Yeni enerji kaynakları arayışının yanı sıra enerji tasarruf çalışması ile ilgili çalışmalar tüm dünyada olduğu gibi ülkemiz içinde yapılmaktadır. Bu çalışmada da binaların iklimlendirme sistemlerinin ve işletme maliyetlerinin belirlenmesinde önemli bir parametre olan güneş ısı kazanç faktörünün değerleri Gaziantep için hesaplanmıştır ve Tablo 1 de sunulmuştur. Şekil 2 ve Şekil 3 incelediğinde güneş ışınımından ısı kazancının yönler ve aylara göre yıl içinde önemli derecede değiştiği görülmüştür. Böylece bölgenin yerel ışınım verileri dikkate alınarak hesaplanan SHGF değerleri dikkate alındığı takdirde Gaziantep için yeni kurulacak olan iklimlendirme sistemlerinin kapasitelerinin daha gerçekçi ve doğru belirlenmesi sağlanacaktır. Gaziantep iline ait 4 ana yön ve 4 ara yön için Çizelgede verilen SHGF değerleri yapılacak yeni yapıların güneş ışınımından optimum şekilde faydalananabilmesi için uygun konumlandırmalar yapılabilecek ve istenen ısıl konfor şartları için enerjinin verimli bir şekilde kullanılması sağlanacaktır.

**Tablo 1. Gaziantep ili için SHGF değerleri**

37° 41' Kuzey enlemi		W/m <sup>2</sup> (Pencere alanı)												
Güneş Zamanı		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Yılın Günleri	Pencere Yönleri													
Oc. 21	Yatay	0	4	35	83	120	147	145	142	106	71	25	2	0
	G	0	3	27	71	99	127	122	127	103	62	26	2	0
	B	0	3	27	59	83	99	103	111	98	46	19	2	0
	K	0	3	27	59	83	99	101	95	70	46	19	2	0
	D	0	3	28	70	94	101	101	95	70	46	19	2	0
	GB	0	3	27	60	92	120	120	127	105	53	22	2	0
	GD	0	3	27	70	99	125	117	108	73	42	14	2	0
	KB	0	3	27	59	83	99	101	95	70	56	62	2	0
	KD	0	3	27	59	83	99	101	95	70	46	19	2	0
Şub.20	Yatay	0	18	69	130	199	225	211	185	148	103	47	11	0
	G	0	14	53	102	156	180	172	151	126	81	38	9	0
	B	0	14	52	97	148	162	152	144	125	73	35	9	0
	K	0	14	52	97	148	162	149	130	101	73	35	9	0
	D	0	14	53	102	157	164	149	130	101	73	35	9	0
	GB	0	14	52	97	153	176	171	151	130	76	36	9	0
	GD	0	14	52	100	155	179	166	138	101	69	33	9	0
	KB	0	14	52	97	148	162	149	130	101	81	43	9	0
	KD	0	14	53	97	148	162	149	130	101	73	35	9	0
Mar.21	Yatay	15	76	153	217	252	283	271	260	203	155	84	24	2
	G	12	59	124	182	217	239	226	215	167	124	66	19	2
	B	12	54	103	141	161	178	182	200	175	147	52	17	2
	K	12	54	103	141	161	178	177	167	126	96	52	17	2
	D	11	58	127	187	201	185	177	167	126	96	52	17	2
	GB	12	54	103	141	168	212	221	220	180	148	60	21	2
	GD	12	54	125	185	220	232	204	173	126	96	37	18	2
	KB	12	54	103	141	161	178	177	167	137	126	97	79	2
	KD	15	69	128	154	161	178	177	167	126	96	52	17	2
Nis.20	Yatay	56	139	219	283	295	327	332	314	275	206	155	65	4
	G	40	93	161	213	234	256	251	230	193	140	105	46	3
	B	42	91	147	173	179	186	195	226	232	185	146	48	4
	K	42	91	147	173	179	186	186	178	155	128	104	49	5
	D	40	108	179	247	230	196	186	178	155	128	104	48	4



	GB	42	91	147	173	179	212	244	252	238	181	142	51	7
	GD	42	122	184	250	253	249	209	178	155	128	104	56	22
	KB	42	91	147	173	179	186	186	178	188	166	139	62	6
	KD	46	126	188	212	179	186	186	178	155	128	104	48	4
May.21	Yatay	115	198	270	317	360	378	419	435	370	292	224	136	41
	G	55	125	170	216	259	274	280	273	225	163	123	37	8
	B	80	125	166	194	223	224	237	304	307	271	242	178	78
	K	88	126	166	194	223	224	225	227	204	159	124	99	89
	D	87	159	241	288	280	235	225	227	204	159	123	78	28
	GB	80	125	166	194	223	235	280	326	301	252	213	107	41
	GD	80	175	244	284	295	274	237	227	204	159	123	128	110
	KB	80	125	166	194	223	224	225	247	264	241	220	176	75
	KD	91	172	243	259	240	224	225	227	204	159	123	78	28
	Yatay	134	221	281	323	343	400	445	457	413	336	252	165	61
Haz.21	G	54	147	173	209	241	284	293	268	226	171	127	100	34
	B	92	147	173	199	216	254	262	316	343	316	268	88	39
	K	104	151	173	199	216	254	250	232	211	171	135	126	81
	D	110	176	250	279	274	262	250	232	211	171	127	88	39
	GB	92	147	173	199	216	258	297	330	327	285	235	128	57
	GD	92	188	244	271	282	287	256	232	211	171	127	284	201
	KB	92	147	173	199	216	254	250	264	293	280	246	188	68
	KD	107	183	243	254	240	254	250	232	211	171	127	88	39
	Yatay	105	203	270	303	359	412	423	417	378	355	263	163	44
	G	61	125	166	211	252	277	277	257	213	177	125	44	38
Tem.23	B	76	125	163	192	218	230	242	287	312	344	310	75	25
	K	80	127	163	192	218	230	231	215	191	172	129	116	100
	D	83	173	242	276	275	241	231	215	191	172	125	75	25
	GB	76	125	163	192	218	240	278	306	303	312	263	129	54
	GD	76	182	241	272	289	277	241	215	191	172	125	74	35
	KB	76	125	163	192	218	230	231	235	259	295	274	259	197
	KD	84	180	239	252	236	230	231	215	191	172	125	75	25
	Yatay	61	159	240	310	364	440	412	397	358	310	201	91	7
	G	43	109	174	239	290	327	313	285	242	190	107	40	10
	B	45	108	157	195	229	231	240	277	304	316	263	52	7
Ağ. 24	K	45	108	157	195	229	231	229	212	184	157	102	56	1
	D	48	129	201	271	284	244	229	212	184	157	102	52	7
	GB	45	108	157	195	230	266	304	316	314	305	241	76	18
	GD	45	138	205	273	309	317	260	212	184	157	102	93	8
	KB	45	108	157	195	229	231	229	212	230	254	227	185	8
	KD	52	140	206	235	229	231	229	212	184	157	102	52	7
	Yatay	26	119	213	278	325	362	380	355	306	235	137	37	1
	G	20	94	176	238	282	316	325	302	257	194	109	31	1
	B	20	82	139	178	205	222	232	269	273	241	83	27	1
	K	20	82	139	178	205	222	221	205	172	130	83	27	1
Ey. 22	D	20	101	171	243	260	233	221	205	172	130	83	27	1
	GB	20	82	139	178	215	276	313	313	287	241	98	33	1
	GD	20	82	166	236	286	307	277	217	172	130	57	27	1
	KB	20	82	139	178	205	222	221	205	193	198	160	110	1
	KD	23	115	184	197	205	222	221	205	172	130	83	27	1
	Yatay	3	47	110	171	195	219	226	199	157	97	35	2	0
Ek. 23	G	2	40	89	148	164	181	190	170	137	77	27	2	0
	B	2	34	73	113	130	151	155	155	135	68	26	2	0



	K	2	34	73	113	130	151	151	132	105	68	26	2	0
	D	2	41	95	148	154	155	151	132	105	68	26	2	0
	GB	2	34	73	113	144	178	189	170	137	71	27	2	0
	GD	2	34	73	139	162	183	181	145	105	64	25	2	0
	KB	2	34	73	113	130	151	151	132	105	77	30	2	0
	KD	2	54	91	113	130	151	151	132	105	68	26	2	0
Kas.21	Yatay	0	12	76	155	199	224	220	200	136	68	12	0	0
	G	0	9	59	127	162	182	178	165	117	53	10	0	0
	B	0	9	57	108	134	152	152	159	116	50	9	0	0
	K	0	9	57	108	134	152	148	138	96	50	9	0	0
	D	0	9	61	132	160	156	148	138	96	50	9	0	0
	GB	0	9	57	111	157	186	185	164	115	51	9	0	0
	GD	0	9	57	113	161	188	184	156	98	49	7	0	0
	KB	0	9	57	108	134	152	148	138	96	52	19	0	0
	KD	0	10	60	108	134	152	148	138	96	50	9	0	0
	Yatay	0	2	37	94	146	181	185	161	119	60	7	0	0
Ar. 22	G	0	1	28	76	124	151	163	148	123	49	9	0	0
	B	0	1	28	69	98	119	124	131	118	43	6	0	0
	K	0	1	28	69	98	119	119	101	77	43	6	0	0
	D	0	1	28	78	117	124	119	101	77	43	6	0	0
	GB	0	1	28	71	116	156	165	148	121	46	6	0	0
	GD	0	1	28	72	124	157	161	130	83	42	3	0	0
	KB	0	1	28	69	98	119	119	101	77	47	48	0	0
	KD	0	1	28	69	98	119	119	101	77	43	6	0	0

## KAYNAKLAR

- Alsaad, M. A., 1999. Transmitted Solar Radiation Through Jordanian Windows of Various orientation. *World Renewable Energy Congress, Kuala Lumpur-Malaysia*, 349- 351, June 1999.
- ASHRAE Handbook-Fundamentals (SI),2009
- Bulut H. Durmaz A.F.,(2008). Türkiye için Pencerelerden Geçen Güneş Işınımının Analizi. *UGHEK'2008: II. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi*,12-13 Haziran,Esogü, Eskişehir.
- Chatzangelidis K., Bouris D., (2009). Calculation of the distribution of incoming solar radiation in enclosures. *Applied Thermal Engineering*, 29,1096–1105.
- Chow T.-t., Li C., Lin Z., 2010. Innovative solar Windows for cooling-demand climate. *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 94:212–220.
- Ekici B.B., Aksoy U.T., 2011. Elazığ ili için güneş ısısı kazanç faktörü değerlerinin hesaplanması. e- *Journal of new world sciences Academy*, 1(4), 1327-1335.
- Lee S., Kim S., Kim S.-h., Park Y., Park J.-i., (2006). Experimental research on performance of the solar heat gain (SHG) insulation panel. *Building and Environment*, 41: 336–342.
- Li D.H.W., Lam J. C., (2001). Analysis of solar heat gain factors using sky clearness index and energy implications. *Energy Conversion and Management*, 42:555-571



- Li D.H.W., Lam J. C., (2001). Development of solar heat gain factors database using meteorological data. *Building and Environment*, 36:469-483.
- Liu Z., 2011. Measurement and Test Facility for Solar Heat Gain of Building-integrated Photovoltaics (BIPV) Modules. *Advanced Materials Research*, 230(232): 64-68.
- Marinoski D.L., 2011. Güths S., Lamberts R., Development of a calorimeter for determination of the solar factor of architectural glass and fenestrations. *Building and Environment*, xxx:1-11.
- Marinoski D.L., Güths S., Pereira F.O.R., Lamberts R., (2007). Improvement of a measurement system for solar heat gain through fenestrations. *Energy and Buildings*, 39:478–487.
- Nielsen T. R., Duer K., (2000). Svendsen S., Energy Performance Of Glazings And Windows. *Solar Energy* , 69( 1–6):,137–143.
- Oliveti G., Arcuri N., Simon M. D., 2012. Bruno R., Solar heat gains and operative temperature in attached sunspaces, *Renewable Energy*, 39:241-249.
- Oral G. K., Yilmaz Z., (2002). The limit U values for building envelope related to building form in temperate and cold climatic zones. *Building and Environment*, 37:1173 – 1180.
- Özel M., Pihtili K., (2004). Tek Ve Çift Camlı Bina Pencerelerindeki Çıkıntı Boyutlarının Isı Kazanç Ve Kayiplarına Olan Etkilerinin Araştırılması, *Mühendis ve Makine* –45( 539):46-54.
- Piccolo A., (2010). Thermal performance of an electrochromic smart window tested in an environmental test cell. *Energy and Buildings*, 42 1409–1417.
- Sethi V.P., (2009). On the selection of shape and orientation of a greenhouse: Thermal modeling and experimental validation. *Solar Energy*, 83:21–38.
- Tzempelikos A., Bessoudo M., Athienitis A.K., Zmeureanu R., 2010. Indoor thermal environmental conditions near glazed facades with shading devices e Part II: Thermal comfort simulation and impact of glazing and shading properties. *Building and Environment*, 45:2517-2525.
- Urbikain M.K., Sala J.M., (2009). Analysis of Different models to estimate energy saving related to Windows in residential buildings. *Energy and Buildings*, 41:687-695.
- Yamankaradeniz. R., Horuz, İ., Kaynaklı, Ö., 2008. *İklimlendirme Esasları ve Uygulamaları*. Dora Yay., Bursa, 597s.



## TOGUCHI IN AUTOMOTIVE COMPONENT DESIGN: GEOMETRY EFFECTS ON SPECIFIC ENERGY ABSORBTION RATIO OF GFRP RODS

Yaşam KANDEMİR  
Kocaeli Üniversitesi  
ykandemir41@gmail.com.tr

Abdulkadir CENGİZ  
Kocaeli Üniversitesi  
akcengiz@kocaeli.edu.tr

**ABSTRACT:** In this study, the parameters of specific energy absorption (SEA) ratio has been investigated for glass fiber reinforced plastic (GFRP) composites by forced through into a narrowed nozzle. These parameters has been identified as diameter difference (between GFRP rod and nozzle hole), hole diameter of the GFRP rod, nozzle hole length and nozzle entrance angle. For this purpose, Taguchi technique was used. L8 array was used selected for the study. Analysis of variance (ANOVA) has been done than effects of parameters were illustrated graphically. In the study it has been seen that effects of the diameter difference and nozzle entrance angle are 83.7% and 13% respectively as the maximum and minimum values. A prediction equation has been established with 0,9285 correlation coefficient.

**Key words:** GFRP composite rod, SEA ratio, Taguchi model, ANOVA

## OTOMOTİV KOMPONENT TASARIMINDA TAGUCHİ YAKLAŞIMI: CFTP KOMPOZİTLER İLE ENERJİ SÖNÜMLEMEDE GEOMETRİ ETKİSİ

**ÖZET:** Bu çalışmada, cam fiber takviyeli plastik ( CFTP ) çubuk malzemenin dar kesitlerden geçirilerek deform olmasına ortaya çıkan spesifik enerji sönümleme ( SES ) oranını değiştiren parametrelerin etkileri araştırılmıştır. Bu etkileri incelemek üzere Taguchi modeli oluşturulmuştur. SES oranına etki eden parametreler çap farkı, iç delik çapı, kanal boyu mesafesi ve nozul giriş açısı olarak belirlenmiştir. Çalışmada L8 ortogonal dizini kullanılmıştır. Parametrelerin sinyal gürültü oranları da hesaplanarak, Varyans analizleri (ANOVA) yapılmış ve parametreler için etki grafikleri oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda çap farkının % 83.7 ve nozul giriş açısının da % 13 oranında SES değerini etkilediği görülmüştür. Parametrelere göre SES değerini 0,9285 corelasyon katsayı ile tahmin eden bir tahmin denklemi kurulmuştur.

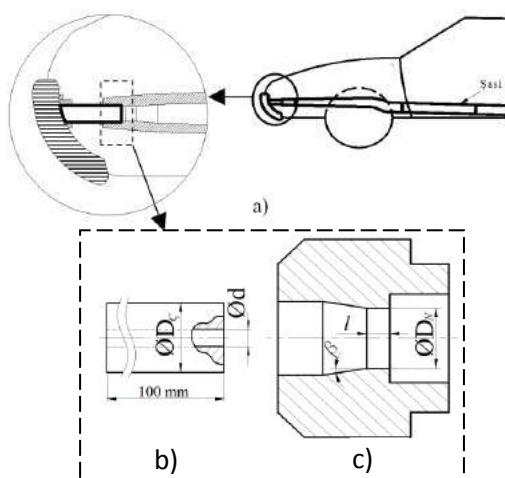
**Anahtar sözcükler:** CFTP çubuk malzeme, SES oranı, Taguchi modeli, ANOVA.

## GİRİŞ

Cam fiber takviyeli plastik (CFTP) çubuk malzemeler, korozif dirençleri, hafifletici etkileri ve yüksek mukavemetlerinden dolayı tasarımlarda kullanılmak için tercih edilen malzeme türlerindendir. Taşıtlarda farklı türdeki malzemelerin enerji sönümleme amacıyla kullanıldığı sistemler, literatürde geniş yer tutmaktadır. Spesifik enerji sönümleme (SES), çarpışma öncesi mevcut enerji ile çarpışma sonrası enerji arasındaki kaybolan enerjiye

denmektedir. Pultrusyon metodu ile üretilen kompozit malzemelerin dar kesitlerden geçirilerek deforme olduğu durumlarda SES oranı hesaplanabilmektedir. Çarpışma esnasındaki hasar riski, CFTP çubuk malzemelerin SES oranı sayesinde azalma gösterebilmektedir. İdeal çarpmaya ait bir kuvvet-deformasyon eğrisinde, eğrinin altında kalan alan bize sönümlenen enerji miktarını vermektedir.

Deneysel kurulum esnasında pultrusyon metodu ile üretilen kompozit çubuk malzemeler kullanılmıştır. Kompozit malzeme içerisinde, matris malzemesi olarak termoset tabanlı polyester malzeme, takviye elemanı olarak en yaygın üretime sahip E-Cam Fiber malzemesi seçilmiştir. Malzemelerin mekanik özellikleri şu şekildedir: Polyester malzemenin yoğunluğu  $1.35 \text{ gr/cm}^3$ , elastiklik modülü  $3.3 \text{ GPa}$ , poisson oranı  $0.38$ 'dır. E-Cam fiber malzemenin yoğunluğu  $2.56 \text{ gr/cm}^3$ , elastiklik modülü  $70 \text{ GPa}$ , poisson oranı  $0.22$ 'dir. Kompozit malzemenin yoğunluğu ise  $1.80 \text{ gr/cm}^3$ , elastiklik modülü  $39.0 \text{ GPa}$ , poisson oranı  $0.27$ 'dir. Çubuk malzeme dar kesitten geçirilmeye çalışılarak spesifik sönüümleme karakteristikleri bulunmuştur. Kesite ait parametreler ve araçta kullanım şekli Şekil 1'de verilmektedir.



**Şekil 1. a) Taşıt Şasi Örnek tasarımları, b) CFTP Çubuk ve c) Nozul geometrilerine ait Tasarım parametreleri**

Çalışmanın başlangıcında SES oranını etkileyen 4 parametre belirlenmiştir. Bu parametreler;

1.  $t$ :Çap Farkı ( $t=D_N-D_C$ )
2.  $\beta$ : Nozul Giriş Açısı

3. d: İç Delik Çapı
4.  $l$ : Kanal Boyu Mesafesi

Tasarım süreçlerinde optimizasyon yapılabilmesi ve deney yükünün azaltılabilmesi adına bu parametrelerin, SES oranına etkilerinin tespit edilebilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada tasarlanan nozul geometrisine ait parametrelerin SES oranına etkileri incelenmiştir.

## YÖNTEM

Taguchi, elektrik mühendisliğinde kullanılan ‘sinyal gürültü oranı’ (S/N) kavramını kalite mühendisliğine taşımıştır (Gökçe & Taşgetiren). Taguchi’nın meydana getirdiği bu kavram kalite mühendisliği ile kalmayıp sanayiden gıda mühendisliğine kadar daha birçok alanda işlevselliliğini devam ettirmiştir (Baynal & Gencel). Bu oran en basit ifade ile ortalamanın



standart sapmaya oranı olarak kabul edilir (Sapakal & Telsang). Oranın büyümesi, sapmanın küçülmesi anlamına gelmektedir. Bu sebeple deneylerde S/N oranı en büyük olan parametre, en etkin parametre olarak kabul edilir. Aynı zamanda Taguchi, deney süresini kısaltan ve deneyin maliyetini azaltan ortogonal dizinler oluşturmuştur (Kasman). Bu sayede çok defa tekrarlanacak olan deney sayısı, aza indirgenmemektedir. Bunlardan 2 seviyeli faktörler için en çok kullanılanlar; L<sub>8</sub>, L<sub>12</sub>, L<sub>16</sub> dizinleridir (Sung & Hung).

Bu çalışmada tasarımdaki parametrelerin SES oranına etkilerini ve parametrelere bağlı olarak SES oranını tahmin denklemi tespit etmek amacıyla 4 parametre ve parametrelere ait seviyeler belirlenmiştir. Bu parametrelerin seviyeleri: t (0,75 mm, 2,75 mm),  $\beta$  (0°, 10°), l (0 mm, 6 mm), d (5 mm, 10 mm) şeklindedir. Taguchi yönteminde Tablo 1'de gösterildiği üzere serbestlik derecesi kavramı bulunmaktadır. Serbestlik derecesi (V), parametre seviyesinin 1 eksigine denmektedir (Montgomery). V değerleri hesaplanarak serbestlik dereceleri toplamı 4 bulunmuştur.

**Tablo 1. Serbestlik derecelerinin hesaplanması**

Faktörler	Serbestlik dereceleri
t (mm)	$V_t=S_t-1=2-1=1$
$\beta$ (°)	$V_\beta=S_\beta-1=2-1=1$
l (mm)	$V_l=S_l-1=2-1=1$
d (mm)	$V_d=S_d-1=2-1=1$
Toplam derecesi=4	serbestlik
( $V_{L8}=8-1=7>4$ )	

Parametrelerin toplam serbestlik dereceleri toplamına en yakın düzenek sayısı L<sub>8</sub> düzeneğinde olduğu için, çalışma Tablo 2'de gösterildiği üzere L<sub>8</sub> (2\*\*4) deney planı oluşturularak yapılmıştır.

**Tablo 2. L<sub>8</sub> deney planı**

Deney No	d(mm)	t(mm)	l(mm)	$\beta$ (°)
1	1	1	1	1
2	1	1	2	2
3	1	2	1	2
4	1	2	2	1
5	2	1	1	2
6	2	1	2	1
7	2	2	1	1
8	2	2	2	2

## BULGULAR

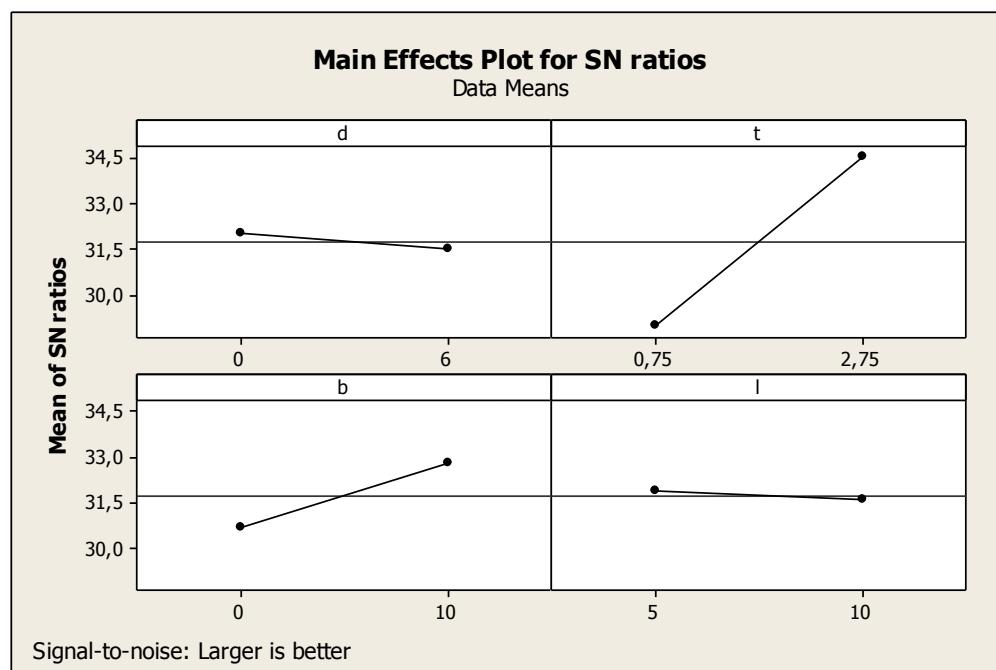
L<sub>8</sub> deney düzeneğine karar verildikten sonra sinyal gürültü oranlarını (S/N), Varyans analizi tablolarını (Canıylımaç & Kutay) ve çeşitli istatistiksel sonuçları görebilmek için Minitab 16 programı tercih edilmiştir. Parametre değerleri ve SES oranları Minitab

programına 4 faktör ve 2 seviye olarak girilerek faktörlerin oluşturdukları sinyal gürültü oranları hesaplanarak Tablo 3'te verilmiştir.

**Tablo 3. Deney düzeneklerinin SES değerleri ve S/N oranları**

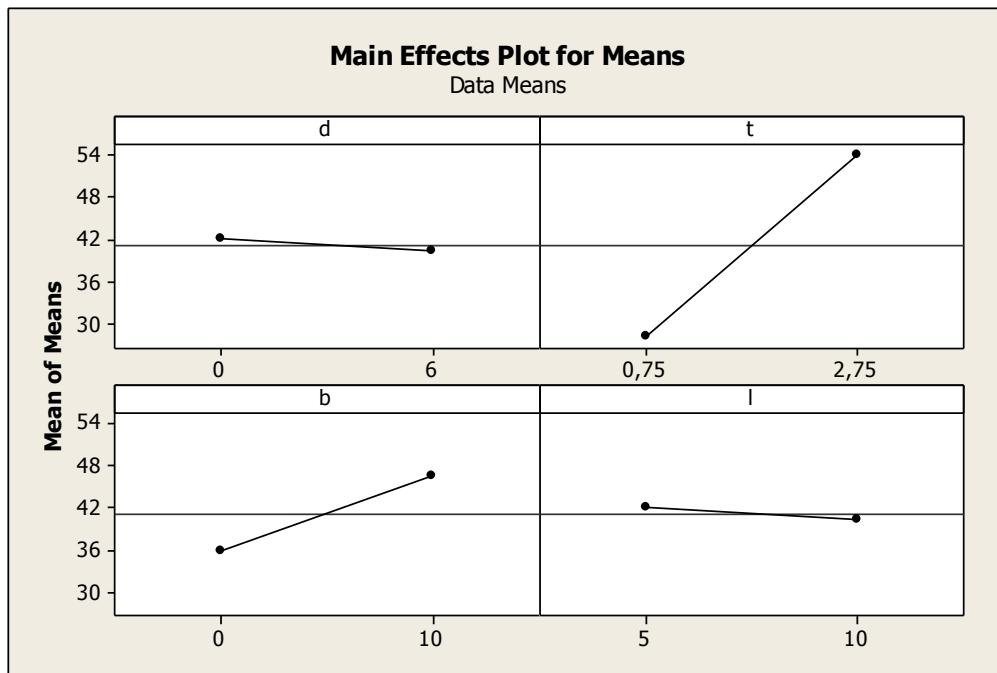
Deney No	d (mm)	t (mm)	l (mm)	$\beta$ (°)	SES Oranı	S/N (dB)
1	0	0,75	5	0	28	28,94316
2	0	0,75	10	10	33	30,37028
3	0	2,75	5	10	64	36,1236
4	0	2,75	10	0	43	32,66937
5	6	0,75	5	10	28	28,94316
6	6	0,75	10	0	24	27,60422
7	6	2,75	5	0	48	33,62482
8	6	2,75	10	10	61	35,7066

Sinyal gürültü oranlarının etkileri Şekil 2'de belli olmaktadır. En çok değişim t (çap farkı) parametresinin seviyelerinde ( 0,75 ve 2,75) olmuştur. Bunu sırasıyla  $\beta$  ( 0° ve 10°), l ( 5 mm ve 10 mm) ve son olarak d ( 0mm ve 6 mm) izlemektedir.



**Şekil 2. Faktörlerin S/N oranlarının SES değerine etkisi**

Şekil 3'te ise faktörlerin SES değeri ortalamalarına olan etkileri görünmektedir. S/N oranlarının etkisi ile benzer bir sıralama oluşmakta ve doğru bir grafik ortaya çıkarmaktadır. En büyük değişim veya eğim; sırasıyla t ve  $\beta$  değişkenlerinde olmaktadır. l ve d değişkenlerinde ise eşit bir eğim olmuş ve ortalamaya katkısı eşittir.



**Şekil 3. Faktörlerin SES ortalamasına etkileri**

Sinyal gürültü oranları için ve SES değeri için ayrı ayrı Ana Etki Grafikleri, Etki Sıralamaları Tablosu, ANOVA Tablosu oluşturulmuştur. Ayrıca her bir parametre için F değerleri ve Poisson oranları da yorumlanmış ve regresyon denklemi de oluşturularak % 1 oranında sapmaya kadar yüksek tahminler yapılmıştır

Sinyal gürültü oranı için yapılan Varyans Analizi'nde Tablo 4'te gösterildiği gibi faktör etkileri sırasıyla t parametresi % 83.7,  $\beta$  parametresi % 11.6, d parametresi % 0.9, l parametresi % 0.3 olarak bulunmuştur.  $F_t=71.75$ ,  $F_\beta=9.98$ ,  $F_d=0.72$ ,  $F_l=0.24$  ve  $F_t=71.75>F_{\text{tablo}}=F_{1,3,0.05}=10.13$  olarak hesaplanmıştır. Poisson oranı için  $P_t=0.003<0.05$  olarak t parametresi 0.05 anlamlılık düzeyinde,  $\beta$  parametresi ise  $p_\beta=0.051<0.10$  olarak 0.10 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır.

**Tablo 4. Sinyal gürültü oranları için Varyans analizi**

Faktör	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P	Etki
d	1	0,6203	0,6203	0,6203	0,72	0,459	% 0,9
t	1	61,958	61,9583	61,9583	71,75	0,003	%83, 7
$\beta$	1	8,6155	8,6155	8,6155	9,98	0,051	%11, 6
l	1	0,2062	0,2062	0,2062	0,24	0,659	% 0,3
Hata	3	2,5907	2,5907	0,8636			% 3,5
Total	7	73,991					% 100

R-Sq=%96,5

R-Sq(adj)=%91,8



SES oranı için yapılan Varyans Analizi'nde Tablo 5'te gösterildiği gibi faktör etkileri sırasıyla  $t\%80$ ,  $\beta\%13$ ,  $d$  ve  $l\%0.4$  hesaplanmıştır.  $F_t=38.48$ ,  $F_\beta=6.71$ ,  $F_d=F_l=0.18$  olarak bulunmuş ve  $p_t=0.008<0.05$  olarak  $t$  parametresi 0.05 anlamlılık düzeyinde,  $p_\beta=0.081<0.10$  olarak  $\beta$  parametresi ise 0.10 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak etkin parametrelerdir.

**Tablo 5. SES için Varyans analizi**

Faktör	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P	Etki
d	1	6.13	6.12	6.12	0.18	0.702	%0.4
t	1	1326.12	1326.12	1326.12	38.48	0.008	%80
$\beta$	1	231.13	231.13	231.13	6.71	0.081	%13
l	1	6.12	6.12	6.12	0.18	0.702	%0.4
Hata	3	103.37	103.37	34.46			%6.2
Total	7	1672.87					%100

R-Sq=%93.8

R-Sq(adj)=%85.6

Sinyal gürültü oranı için yapılan Varyans Analizi'nde kullandığımız modelde Tablo 4'te gösterildiği gibi R-Sq= %96,5, R-Sq(adj)= %91,8 olarak elde edilmiş ve bu sayede çalışmamıza istatistiksel bir güvenilirlik kazandırılmıştır. Yani seçilen parametreler sistemdeki değişkenliğin % 91,8'ini açıklamaktadır.

SES oranı için yapılan Varyans Analizi'nde kullanılan modelde ise Tablo 5'te gösterildiği gibi R-Sq= %93,8 ve R-Sq(adj)= % 85,6 oranında bulunarak çalışmamız istatistiksel anlamda kuvvetlendirilmiştir. Yani seçilen parametreler sistemdeki değişkenliğin % 85,6'sını açıklamaktadır.

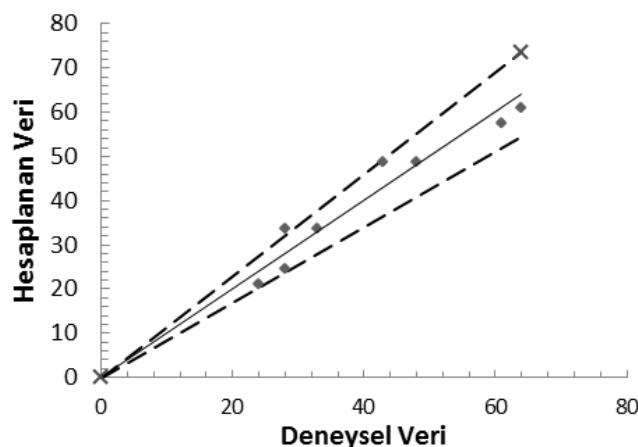
Tasarım parametrelerine göre olusabilecek SES değerini tahmin için oluşturulan denklem aşağıda verilmektedir.

$$\text{SES ORANI} = 16,7 - 0,292 d + 12,9 t - 0,350 l + 1,07 \beta$$

## SONUÇ

SES oranının maksimum değeri, çarpışma enerjisinin sökümlenmesinde önemli olduğundan, kullanılacak olan kompozit malzemede sırasıyla çap farkı ( $t$ ), nozul giriş açısı ( $\beta$ ), kanal boyu mesafesi ( $l$ ), iç delik çapı ( $d$ ) parametreleri ilerideki çalışmalarla ışık tutması açısından değerlendirilmelidir. Belirlenen modellerin R-Sq(adj) değerlerinin % 80'den büyük çıkması istatistikte önemlilik arz ettiğinden, seçilen  $L_8$  deney düzeneğinin doğru bir tercih olduğunu göstermiştir. SES değeri için parametre etkilerine bakıldığında çap farkı ( $t$ ) %83.7, nozul giriş açısı ( $\beta$ ) %11.6, kanal boyu mesafesi ( $l$ ) %0.3, iç delik çapı ( $d$ ) %0.9 olarak hesaplanmıştır.

Çalışmada elde edilen tahmin denklemi ise 0,9382 korelasyon katsayı ile başarılı bir tahmin modeli olduğu görülmektedir. Verilerin  $\pm\%15$  hata bandı içerisindeki yerleşimleri Şekil 4 te görülebilmektedir.



Şekil 4. Deneysel ve tahmin edilen SES değerleri

## KAYNAKLAR

- Gökçe, B. & Taşgetiren S. (2009). Kalite İçin Deney Tasarımı, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6(1), 71-83.
- Canıyılmaz E. & Kutay F. (2003). Taguchi Metodunda Varyans Analizine Alternatif Bir Yaklaşım, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 18(3), 51-63.
- Baynal K. & Gencel İ. (2015). Taguchi Yönteminin Gıda Sektöründe Çok Yanlılı Problemin Eniyilemesinde Uygulanması, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 19(1), 107-121.
- Montgomery D. C. (2009). Design and Analysis of Experiment, 5rd ed., *John Wiley & Sons, Inc.*, New York.
- Sapakal S.V. & Telsang M.T. (2012). Parametric Optimization Of Mig Welding Using Taguchi Design Method, *International Journal of Advanced Engineering Research and Studies*, 1(4), 28-30.
- Sung M.H. & Hung H.C. (2013). Application of Tolerance Method to the TFT-LCD Design, *The International Journal of Organizational Innovation*, 6(1), 99.
- Kasman Ş. (2011). Lazerle Derin Oyma Tekniğinde EN 7075 Alüminyum Alaşımı İçin İşlem Parametrelerinin Etkilerinin Taguchi Metodu Kullanılarak İncelenmesi, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8(2), 41-54.



## FOR POROSITY ELIMINATION DURING MANUFACTURING OF TIRE CURING MOLD, MOLDING DESING AND PROTOTYPE MANUFACTURING

Zafer MANDIRA

Kocaeli University, Institute Of Science

mandirazafer@gmail.com

Abulkadir CENGİZ

Kocaeli University, Institute Of Science

akcengiz@kocaeli.edu.tr

**ABSTRACT:** This Project is a workout for tire curing molds manufacturer and related R & D companies in automotive sector and especially passenger and light truck tires manufacturers. There are some different patterns as winter, summer and 4 seasons for tire curing molds if we concern especially tread segment parts of tire. And there are different sizes of tires related with the different cars. This means every size and pattern refer to a new size and type of tire curing mold. If we can think on the curing period, which is the last step of a making tire, tire curing molds should have manufactured in perfect surface quality, measurement, required precision. In our country summer and 4 season type of tire curing molds is manufactured in CNC machines as fast and good quality. However it is not the same for winter tire molds, because this tire and molds are more complex, related with usage for bad weather conditions and roads. Also manufacturing in CNC machines are harder process than others as well. For these reasons, casting method is an alternative manufacturing type in this matter. But also for this method concern some porosity problems on the surface and it should be removed. This project about winter type of tire mold , which is used for manufacturing of tire and casting technology related of it , is totally imported from abroad refer that to localize this process and make all needed working on it. For that, firstly a silicon coated for model and make a plaster model afterward, and finally aluminium casting process is achieved. Whenever check this sample mold, it seems that the porosity problem is slightly solved on the mold surface.

**Key words:** automotive, tire, mold, design

## LASTİK KALIPLARINDA ÜRETİMDEN KAYNAKLı POROZİTELERİN GİDERİLMESİ İÇİN, KALIPLAMA TASARIMI VE PROTOTİP ÜRETİMİ

**ÖZET:** Bu proje otomotiv sektöründe üretilen binek ve ticari araçlar için, lastik pişirme kaliplarının üretimi ve geliştirilmesi üzerine yapılan bir çalışmındır. Lastik desen kısmı göz önüne alınırsa kış, yaz ve dört mevsim olarak farklı desenler ortaya çıkmaktadır. Ayrıca farklı türdeki araçlar için farklı lastik ebatları kullanılmaktadır. Bu yüzden her yeni desen ve ebat yeni bir kalıp anlamına gelmektedir. Lastığın son şeklini aldığı kısmında lastik pişirme kalipları olduğu düşünülürse, kalıp yüzeylerinin ve ölçülerinin kusursuz olması ve istenilen hassasiyette üretilmesi gerekmektedir. Ülkemizde yaz ve dört mevsim lastiklere ait desen kısımlarının üretimi CNC tezgâhlarda talaş kaldırırmak suretiyle hızlı ve sorunsuz olarak yapılmaktadır. Fakat kış lastiklerinin desen yapısı oldukça karmaşıktır. Karmaşık bir yapıya sahip olan bu lastik desenlerinin üretimi CNC tezgâhlarda oldukça zahmetli ve yorucu bir süreçtir. Bu amaçla döküm teknolojisi alternatif bir üretim yöntemidir. Ancak bu yöntemlerde yüzeydeki poroziteler giderilmesi gereken önemli problemdir. Bu



çalışmada kış lastiklerinin desen kalıplarının üretiminde kullanılan ve tamamen ithal edilen mevcut döküm teknolojilerinin yerlileştirilmesi ve uygulanması adına bir çalışma yapılmıştır. Bu amaçla, önce modelin silikon kalıplaması yapılmış, alçı model oluşturulmuş ve alüminyum döküm işlemi gerçekleştirılmıştır. Üretilen kalıp yüzeyinde porozitelerin önemli ölçüde giderildiği görülmüştür.

**Anahtar sözcükler:** otomotiv, lastik, kalıp, tasarım

## GİRİŞ

Lastik, içinde basınçlı hava tutabilecek şekilde tasarlanmış, janta monte edilerek aracın yer ile temasını sağlayan, dışarıdan basit, sanki homojen bir yapıdaymış gibi görünmesine rağmen, bileşiminde kauçuk, kord bezi, çelik teller ve birçok kimyasal bulunduran kompozit yapıda, yüksek teknoloji gerektiren bir süreç ile üretilen, aracın en önemli parçalarından biridir.

Lastik üretiminde kullanılan kalıplarda dayanıklılık ve ısıl geçirgenlik büyük rol oynamaktadır. Üretilen kalıpların lastiğe istenilen şekli vermesi, uzun yıllar kullanılması, zaman içerisinde çalışma esnasında korozyona uğramaması beklenmektedir. Bu nedenle üretilen kalıplar çelik, alüminyum ve dışı nikel-kobalt alaşımı kaplama yapılmış alüminyum malzemelerden üretilmektedir. Lastik kalıplarının üretiminde farklı yöntemler mevcuttur. Ülkemizde bu kalıpların işlenmesi CNC tezgâhlar ile yapılmaktadır. Fakat lastikler yaz, kış ve 4 mevsim olarak farklı desen tiplerine sahiptirler. Tüm desen tiplerine uygun kalıplar CNC tezgâhlarda üretilebilir. CNC'de talaşlı imalat yaparak, kış lastiklerine ait kalıpların üretilmesi zahmetli ve yorucu bir süreçtir. Bu nedenle kış lastiklerine ait kalıpların döküm yöntemi ile üretilmesi çok avantajlıdır. Döküm yapabilmek için öncelikle lastiğin, döküm çekme payları göz önünde bulundurularak, modeli işlendi. Model boyutlarına göre silikon, alçı ve alüminyum döküm işlemlerinin gerçekleştirileceği derece tasarımı yapıldı. Derece tasarımı ve üretimi tamamlandıktan sonra silikon model oluşturuldu. Silikon model derece içerisinde olmak suretiyle üzerine alçı dökülperek alçı model oluşturuldu. Tüm model süreçleri eksiksiz olarak tamamlandıktan sonra alçı model derece içerisinde fırınlandı. Fırınlama işlemi 12 saat yapıldı. Fırınlama işlemi sonrası, derece ve alçı 500-600°C arasında ki bir sıcaklıkta fırından çıkartılarak döküm işlemi için potaya götürüldü. Ergitilmiş alüminyum dereceye, yolluklar vasıtası ile döküldü.



**Şekil 1-Alüminyum Döküm İşlemi**

Lastik kalıplarının döküm yöntemi ile üretimi sürecinde porozitelerin, döküm boşluklarının, ölçüsel bozuklukların, korozyonların giderilmesi gerekmektedir. Bu durumlar doğrudan lastiği etkilemesinden dolayı kesinlikle kalıpta istenmez. Bu nedenle yeni bir üretim yöntemine ihtiyaç duyulmuştur. Bu çalışmada prototip bir model için tasarım çalışmaları yapılmıştır.

## **YÖNTEM**

Kış lastiği desen kalıpları ortalama olarak 8 veya 9 parçadan meydana geldiğinden döküm için gravite döküm yöntemi tercih edildi. Bu döküm yöntemi ile 8-9 parçalık desenler tek tek dökülerek imal edilebilir. Bu yöntemin en önemli tercih nedeni herhangi bir parçada sorun yaşanırsa üretim sürecini aksatmadan hızlıca bozulan parçanın tekrar dökülmesini sağlamaktır.

### **Lastik Modelinin İşlenmesi**

Lastik modeli SIKA adı verilen model imalatına uygun olan malzeme üzerine yapılacaktır. Bu malzemenin en önemli özelliği nem ve rutubete dayanaklı olmasıdır. SIKA malzemesi ile imal edilen modelin bulunduğu ortama bağlı olarak min. 5 yıl kadar sorunsuz bir şekilde muhafaza edilme ömrü var.

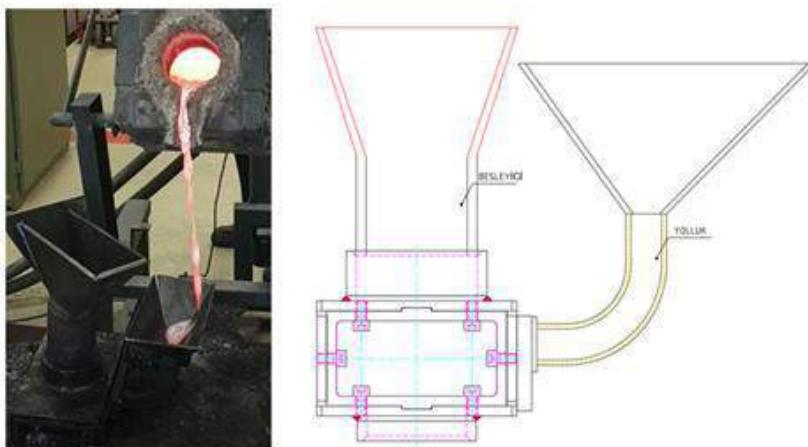
Lastik modeli Al-5086 malzemenin dökümden sonra gerçekleşecek olan çekme payı göz önünde bulundurularak 0.012 büyütülerek işlenmiştir.

**Şekil 2-Lastik Modeli**

### Derece, Yolluk ve Besleyici Tasarımlarının Yapılması

Derece, yolluk ve besleyiciler malzemenin hava burgacı oluşturmadan, yavaş ve homojen dolumu sağlaması için uygun yerlere konumlandırılmalıdır. Bu konumlandırmalar yapılırken alçı modelin yapısal özellikleri göz önünde bulunduruldu. Normal şartlarda derecenin üst yüzeyinden dolum yapılabılır. Bu şekilde bir dolum söz konusu olduğunda derece içerisinde oluşan havanın tahliyesi %100 olarak sağlanamazdı. Alçı modelin üzerine doğrudan düşen alüminyum alçı kalıbı zedeler ve model üzerindeki desenlerin, olması gerekenden farklı ölçülerde çıkışmasına neden olurdu. Eğer büyük tahrifatlara sebebiyet verirse desenin lastik modeli döküm sonrasında bozulurdu.

Alçı kalıp göz önünde bulundurarak yaptığım derece, yolluk ve besleyici tasarımda derecenin yan yüzeyinden, yolluk verildi. Besleyici derecenin üst kısmında yer alacak şekilde ve çapı mümkün oldukça büyük olacak şekilde konumlandırıldı. Derecenin üst kısmına konumlandırılan besleyici sayesinde, dökümden sonra fazla malzemenin besleyici kısmında kalması sağlandı. Böylelikle alüminyumun katılışma evresindeki çekilmeler, en son katılan bölgelerde olan besleyici bölgesinde gerçekleşti.

**Şekil 3-Derece, Yolluk ve Besleyici Tasarımı Silikon Model**

Silikon model için MM828 kalıp silikonu ve MM CAT VEI katalizör temin edildi. Silikon ve katalizör bir biri ile karıştırılarak model silikonu elde edildi. Karışım oranı olarak bizim yapacak olduğumuz silikon model için, Tablo 1'de görülmekte olan belirli karışım oranları elde edilmiştir. Karşıma koyduğumuz silikon miktarının % 2 si kadar katalizör eklediğimizde istenilen sertlik değerinde silikon model ortaya çıkmıştır. Silikon karışımı

hazırlandıktan sonra 5dk süre ile vakum yapılarak içerisinde karışım esnasında oluşan hava alındı. Silikon karışım tüm işlemlerden sonra derece içeresine dökülperek modelleme işlemi yapıldı.

*Tablo 1. Silikon Malzeme Karışım ve Katılışma Tablosu*

Değişkenler	Sıcaklık (°C)	Silikon (kg)	Katalizör (gr)	Karışım Süresi (dk)	Katılışma (saat)
MM828	23 °C	3,7 kg	111 gr	15 dk	35 dk
	23 °C	3,7 kg	74 gr	15 dk	1 saat
	23 °C	3,7 kg	55,5 gr	15 dk	3 saat



**Şekil 4-Silikon Model**

### Alçı Model

Alçı model üretimi için Satin Cast 20 model alçısı temin edildi. Bu alçı hassas yüzey ve hassas ölçülerin olduğu kuyumculuk sektöründe kullanılan alçı modelidir. Bizim desenimizin yüzeylerinin de oldukça hassas ve pürüzsüz olması istenmektedir. Bu sebepten Satin Cast 20 isimli alçı ile model üretimi gerçekleştirildi. Alçı karışımı talimatlarına göre hazırlandıktan sonra 5dk süre ile vakum yapılarak, içerisinde karışım esnasında oluşan hava alındı. Tüm işlemlerin ardından derece içeresine dökülperek modelleme yapıldı.

*Tablo 2. Alçı Malzeme Karışım ve Katılışma Tablosu*

Değişkenler	Sıcaklık (°C)	Alçı (kg)	Su (ml)	Karışım Süresi (dk)	Katılışma (saat)
MM828	23 °C	3,4 kg	1300 ml	15 dk	4 saat





## Şekil 5-Alçı Model

### BULGULAR

#### Silikon Model

Silikon model için seçtiğimiz %2 karışım oranı, prototip üretiminde başarılı bir sonuç elde etmemizi sağlamıştır. Silikon modelimiz üzerinde herhangi bir hava boşluğu vb. bulguya rastlanmamıştır. Silikon karışım oranımızın doğruluğu pratik olarak ispatlanmıştır. Silikon model için Şekil 6 incelenebilir.



Şekil 6-Prototip Üretim İçin Silikon Model Yapımı

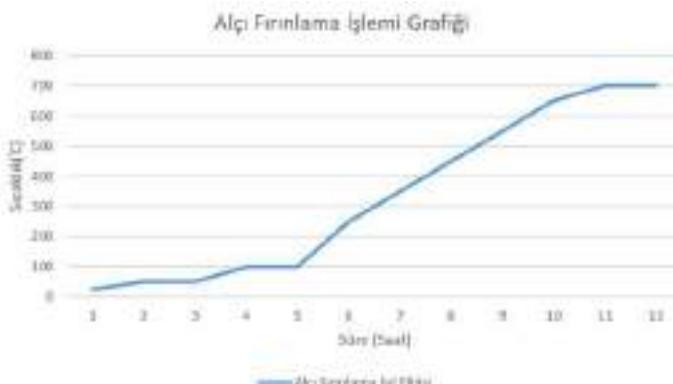
#### Alçı Model

Alçı karışımı üretici firma tarafından belirtilen değerlere göre hazırlanırsa herhangi bir problem ortaya çıkmamaktadır. Yaptığımız prototip ile bu durumun doğruluğunu tespit etmiş olduk. Üretilen prototip kalıp üzerinde hava boşlukları ve gözenekli yapılara rastlanmamıştır. Alçı modeli ile alakalı olarak Şekil 7 incelenebilir.



Şekil 7-Prototip Üretim İçin Alçı Model Yapımı

Alçı model üretim işlemi sorunsuz olduğunda fırınlama işlemine tabi tutulmaktadır. Alçı model üretimi yapıldıktan sonra derece ile birlikte Şekil 8'de görüldüğü şekilde fırınlanarak içerisinde yer alan su %90 oranda buharlaştırılırak yok edildi. Eğer alçı içerisinde yüksek oranda su bulunursa alüminyum malzemenin dökülmesi sırasında patlamalara neden olur.



Şekil 8-Alçı Fırınlama İşlem Grafiği

#### Desen Kalıbı

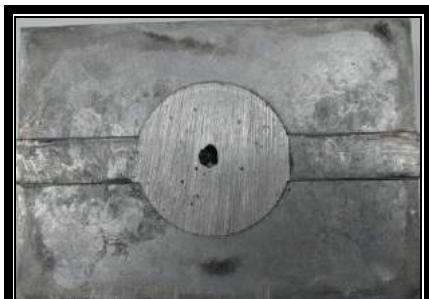
Derece tasarımlı, silikon ve alçı konusunda gerekli kararları verip yaz lastiği modeli üzerinden prototip imalatına geçilmiştir. Yapılan prototip imalatı neticesinde desen yüzeylerinde yer alan porozite problemleri birkaç küçük yüzey problemi dışında giderilmiştir. Kalpta döküm boşlukları vb. gibi bir durum tespit edilmemiştir. Böylelikle yaptığımız çalışmamız pratik anlamda kuvvetlendirilmiştir. Prototip üretimi gerçekleştirilen desen Şekil9' de gözükmektedir.



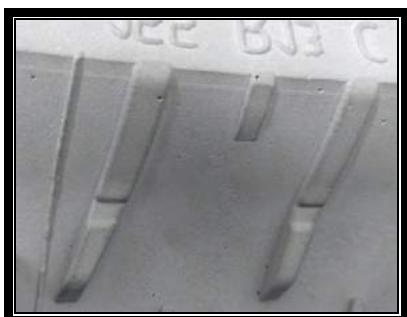
Şekil 9-Prototip Model

#### SONUÇ

Kış lastiklerine ait desen kalıplarının üretiminde döküm yönteminin kullanılması konusunda her adımı titizlikle yapılan prototip çalışmalarına göre bir sorun tespit edilmemiştir. Silikon ve alçı karışımalarımız için belirlenen karışım değerleri uygun bir model üretimi gerçekleştirmemizi sağladı. Silikon ve alçı modellerin yüzeylerinde hava boşlukları ve şekilsel bozuklıklar saptanmadı. Tasarımını gerçekleştirdiğimiz derecenin silikon ve alçı dolumu için kullanılan yolluk kısımlarının, uygun olduğu yaptığımdır modellemelerin sorunsuz olması ile tespit edildi. Alüminyum döküm işlemi yapıldıktan sonra, kalıp üzerinde büyük ölçekli porozitelerin görülmemesi, döküm boşluklarının oluşmaması ve çökmenin besleyicinin olduğu kısımda görülmesi doğru bir tasarım ile teoride, düşündüğümüzün pratikte uygulanabilir olduğunu, ispat etmiştir. Ayrıca döküm esnasında alçı kalıbında şekilsel ve yüzeysel bir deformasyonun olmaması fırınlama süre ve sıcaklıklarının uygun olarak seçildiğini gösterdi. Eğer kalıp üretimi döküm yöntemi ile yapılacaksa ürün boyutlarına göre gravite yöntemi ile derece, yolluk ve besleyicilere dikkat edilerek üretim yapılabilir. Çalışma sonrası üretilen prototip modele aşağıda ki Şekil 10, 11 ve 12' de yer verilmiştir.



Şekil 10-Çökmenin Olduğu Bölge



Şekil 11-Kalıp Yüzeyi

Çalışma ile ilgili prototip üretim ve testlerimiz devam etmektedir.

## KAYNAKLAR

Türkiye Döküm Sanayicileri Derneği (2016). Bdguss, *Alüminyum Kum ve Kokil Dökümü*, 3.2.2, 21-22.

(Uzer Makine, kişisel iletişim, 5.09.2017).

(Lassa, kişisel iletişim, 10.09.2017)



## ENERGY EFFICIENCY ANALYSIS OF AN AUTOMOBILE ASSEMBLY PLANT

Fatma CANKA KILIC

Kocaeli University, Kocaeli Vocational School, Department of Electrical and Energy, Air Conditioning and Refrigeration Technology, 41140, İzmit/KOCAELİ  
[fatmacanka@hotmail.com](mailto:fatmacanka@hotmail.com)

Muharrem EYIDOGAN

Kocaeli University, Energy Systems Engineering Department, 41380 İzmit/KOCAELİ  
[muharrem\\_eyidogan@hotmail.com](mailto:muharrem_eyidogan@hotmail.com)

Suleyman SAPMAZ

Kocaeli University, Energy Systems Engineering Department, 41380 İzmit/KOCAELİ  
[suleyman\\_sapmaz@hotmail.com](mailto:suleyman_sapmaz@hotmail.com)

Mufit YUCE

Kocaeli University, Energy Systems Engineering Department, 41380 İzmit/KOCAELİ  
[mufityc@gmail.com](mailto:mufityc@gmail.com)

**ABSTRACT:** In this study, the energy efficiency analysis has been performed in a car assembly plant that consist Body-in-White (BiW) productions, painting processes, chassis and accessory assembly processes. This work was carried out in an automobile manufacturing plant. It is identified that most of the energy consumption- both electricity and natural gas- of the examined plant takes place in the body paint shop. According to the examinations, it has been seen that up to half of the natural gas and electric energy were consumed in the body paint shop. The specific energy consumption (SEC) of the examined car assembly plant per vehicle was calculated using annual energy bills. Specific energy consumption of plant is based on utility, approximately  $\approx 300$  kWh for electricity consumption (SECe), and  $\approx 600$  kWh for natural gas (SECng). In the context of this study, paint shop including drying ovens and auxiliary facilities (compressed air, heating and cooling systems) were investigated in detail. Specific energy efficiency increasing opportunities are analyzed based on measurement values. Potential energy and financial conservations are calculated. By performing determined energy efficiency measures, the plant's specific energy consumption will be reduced between 1-6% depending utility type.

**Key words:** energy efficiency, automobile assembly, specific energy consumption, paint shop, energy saving potential.



## THE ANALYSIS OF MUTUAL INDUCTANCE IN DIRECT AND ALTERNATIVE CURRENT

Mehmet Ali ÖZÇELİK

Gaziantep University, Electric and Energy Department

ozcelik@gantep.edu.tr

Ahmet AYCAN\*

Gaziantep University, Electric and Energy Department

aycan@gantep.edu.tr

**ABSTRACT:** In electric circuits involving coils, magnetic interaction occurs and this concept is considered as an important parameter for transformers, energy transmission lines, and electric motors. When we apply an alternating current (A.C) to one of the coils adjacent to the same iron core, a variable magnetic field is formed around the coil and this self-induction voltage causes the magnetic field to have its own coil and the other winding has its own on-state induction voltage. When the other coil is closed, it generates a variable magnetic field around it, and when this magnetic field is generated by itself and the other coil, it induces self-induction voltage on its own and induction voltage on the other coil. This condition is defined as mutual or common inductance ( $M$ ). When we apply direct current (D.C) to one of the coils on the same core, a constant magnetic field around the coil and the self-induction voltage on the coil form the induction voltage on the other coil. Hence, in this case the self-induction coefficient or  $M$  is not mentioned. In the study, two coils with the same number of turns were connected to the core consisting of the silicon steel sheet package and D.C was first applied. It is known that the total magnetic flux ( $\Phi_T$ ) is  $\Phi_1 + \Phi_2$  when the currents ( $I$ ) flowing through the coils are in the form of a connection (current direction) or regardless of the distance between the bobbins and the coils are not in the radial direction and only the current directions passing through the coils depend on the sum of the resistances of the coils. And, when the flow directions are opposite,  $\Phi_T = \Phi_1 - \Phi_2$ . When the number of coil turns and the current flowing are the same,  $\Phi_1 + \Phi_2$  is become zero. Similarly, when an alternating current (A.C) is applied to series connected coils, when the current directions through the coils are the same, the total magnetic flux  $\Phi_T = \Phi_1 + \Phi_2$ , the resultant inductance ( $L_T$ ) is  $L_1 + L_2 + 2M$ , the inductive reactance ( $X_L$ ). When the currents flowing through the coils are different,  $\Phi_T = \Phi_1 - \Phi_2$  and  $L_T = L_1 + L_2 - 2M$ . When  $L_T$  is reduced,  $X_L$  is shrinking and a very high increase in current drawn by the coil is observed. It was also seen that when the distance between the coils is increased by a certain amount (1cm), the coupling coefficient ( $k$ ),  $M$ ,  $L_T$  and  $X_L$  are reduced and the current drawn from the grid increases. When the currents flowing through the coils are different, when the distance between the coils is increased a little, the values of  $k$  and  $M$  decrease, with  $L_T$  increasing,  $X_L$  increasing, and current drawn from the grid decreasing.

**Key words:** mutual inductance, coefficient of coupling, coil, magnetik flux, direct current, alternative current

**ORTAK ENDÜKTANSIN DOĞRU VE ALTERNATİF AKIMDA İNCELENMESİ**



**ÖZET:** Bobin içeren elektrik devrelerinde, manyetik etkileşim söz konusu olmaktadır ve bu kavram transformatörlerde, enerji iletim hatlarında ve elektrik motorlarında önemli bir parametre olarak sayılmalıdır. Aynı demir nüve üzerinde yan yana bulunan bobinlerin birisinden alternatif akım (A.A) geçirdiğimizde bobin etrafında değişken bir manyetik alan oluşmakta ve bu değişken manyetik alan kendi sargasını ve diğer sargıyı kesmesi sonucu kendi üzerinde induksiyon gerilimi diğer sargıda ise öz-indüksiyon gerilimi meydana getirmektedir. Diğer bobin kapalı devre yapıldığında etrafında değişken bir manyetik alan oluşturmaktadır ve oluşan bu değişken manyetik alan kendi ve diğer bobini kestiğinde, kendi üzerinde öz- induksiyon gerilimi, diğer bobinde ise induksiyon gerilimi meydana getirmektedir. Bu durum karşılıklı veya ortak endüktans (M) olarak tanımlanmaktadır. Aynı nüve üzerinde yan yana olan bobinlerden bir tanesine doğru akım (D.A) uyguladığımızda bobin etrafında sabit bir manyetik alan ve öz-indüksiyon gerilimi diğer bobinde ise induksiyon gerilimi oluşturmaktadır. Dolayısıyla bu durumda öz-indüksiyon katsayısından veya M'den bahsedilememektedir. Yapılan çalışmada silisli sac paketinden oluşan nüve üzerine iki adet aynı sarım sayısına sahip bobin seri bağlanarak önce D.A uygulanmıştır. Bobinlerin şebekeden çektiği akımın (I) bağlantı şekline (akım yönüne) veya bobinler arasındaki mesafeye ve bobinlerin nüveli yada nüvesiz olmasından bağımsız olarak ve yalnızca bobinlerin omik dirençleri toplamına bağlı olarak bobinlerden geçen akım yönleri aynı olduğunda toplam manyetik akının( $\Phi_T$ )  $\Phi_1 + \Phi_2$  olduğu, akım yönleri ters olduğunda ise  $\Phi_T = \Phi_1 - \Phi_2$  olduğu gözlenmiştir. Sarım sayıları ve geçen akım aynı olduğunda ise  $\Phi_1 + \Phi_2$  sıfır olmaktadır. Benzer şekilde seri bağlı bobinlere alternatif akım (A.A) uygulandığımızda; bobinlerden geçen akım yönleri aynı olduğunda toplam manyetik akı  $\Phi_T = \Phi_1 + \Phi_2$ , bileşke endüktans ( $L_T$ ) değeri  $L_1+L_2+2.M$  olmakta, endüktif reaktans ( $X_L$ ) değeri büyümekte ve I oldukça küçülmektedir. Bobinlerden geçen akım yönleri farklı olduğunda  $\Phi_T = \Phi_1 - \Phi_2$  ve  $L_T=L_1+L_2-2.M$  olmakta,  $L_T$  küçüldüğünde ise  $X_L$  küçülmekte ve bobinin çektiği akımda oldukça yüksek bir artış görülmüştür. Ayrıca bobinden geçen akım yönleri aynı iken bobinler arası mesafe bir miktar arttırıldığında (1cm) koplaj katsayısi (k)'nin, M'nin,  $L_T$  ve  $X_L$ 'nin küçüldüğü, şebekeden çekilen akımın ise arttığı görülmüştür. Bobinlerden geçen akım yönleri farklı olduğunda ise bobinler arası mesafe bir miktar arttırıldığında k ve M değerleri küçülmektedir, bununla birlikte  $L_T$  artmakta,  $X_L$  artmaka ve şebekeden çekilen akım azalmaktadır.

**Anahtar sözcükler:** ortak endüktans, koplaj katsayısi, bobin, manyetik akı, doğru akım, alternatif akım.

\*Corresponding author: [aycan@gantep.edu.tr](mailto:aycan@gantep.edu.tr)



## INVESTIGATION OF EFFECT OF INTERMEDIATE SILL ON LOCAL SCOURING AT THE END OF STILLING BASIN

Kochar Dara Mohammed AL-JAF

Natural and Applied Science

kocharaljaf@gmail.com

Prof.Dr. Mustafa GÜNAL

Natural and Applied Science

gunal@gantep.edu.tr

**ABSTRACT:** In this study, a three-dimensional numerical model of sediment was simulated based on experimental work by H. L. Tiwari et al. (2014). The simulation is performing by using Flow-3D software. This paper investigates the effect of intermediate sill on local scouring at the end of stilling basin model for a non-circular pipe outlet. The USBR Type VI stilling basin with impact wall, end sill and intermediate sill is use in this numerical study. Stilling basins are used to dissipate the excess kinetic energy of flow to ensure the safety of any hydraulic structure like overflow spillways, chutes, sluices, pipe outlets. The models are developed by changing the geometry of intermediate sill while keeping the other configuration of stilling basin geometry constant to find the best geometry of intermediate sill that reduces the scour to minimum value, at the end of the stilling basin in order to protect the downstream structures from excessive scouring.

**Key words:** local scour, flow-3d, intermediate sill, stilling basin, pipe outlet



## MECHANICAL MODELLING OF WIND TURBINES

Meliksah OZAKTURK\*

\*Department of Energy Systems Engineering, Iskenderun Technical University, Hatay.  
meliksah.ozakturk@iste.edu.tr

**ABSTRACT:** In this paper, the mechanical modelling of a wind turbine including the nacelle components and the drive train types is presented. The mechanical part of a wind turbine is as significant as the electrical system. To avoid from the mechanical damages, tower and nacelle should be manufactured robust and built sturdy. One-mass, two-mass, three-mass and six-mass drive train models commonly used in wind turbines are explained in detail. The reasonable simplification from the six-mass drive-train model to one-mass system is explained step by step. Related mechanical equations are also given.

**Key words:** Wind turbine, mechanical modelling, drive-train, nacelle, mass

## INTRODUCTION

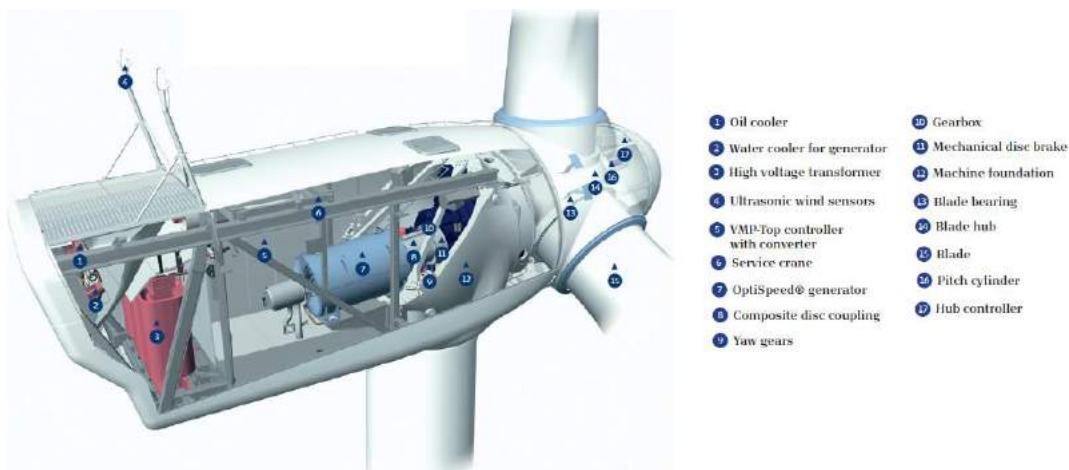
The wind turbine consists of two main subsystems which are called as mechanical system and electrical system. Both subsystems should be precisely and properly designed, modelled and controlled in terms of higher energy efficiency and the economic constraints. The mechanical system aspects and their interaction with the electrical system design needs a great deal of care, because all components are nested into a very constrained space on the top of a large tower. Since the generators and power electronics devices are quite expensive, they should be kept in a strong and protective nacelle. Moreover, in case of robust design any structural damage can be avoided during high wind speeds, i.e. gusts. This is so that the power is delivered uninterruptedly to the customers.

The common drive train model of a wind turbine system comprises a blade-pitching mechanism with a spinner, a hub with blades, a rotor shaft and a gearbox with breaker and generator. The simplification of the drive train model is reasonably made as well.

In this paper, the mechanical side of a wind turbine is briefly presented. The drive train models mostly utilised in the wind turbines are summarised. Finally, higher mass models are gradually and properly simplified to one-mass model and related dynamic equations are provided.

## MECHANICAL SYSTEM OF WIND TURBINE

The components of the mechanical system of a wind turbine, which are blades, nacelle, gearbox, tower and hub, and yaw mechanism, are of interest. In Figure 1, a nacelle of a wind turbine designed by Vestas Wind Systems A/S, Denmark are depicted.



**Figure 1. A nacelle of a wind turbine**

## Blades

The blades are the most critical components in a wind turbine system as they extract the kinetic energy of the wind to be converted to the electrical energy via a generator. The aerodynamic design of the blades is significant to capture maximum energy. The blades should withstand the mechanical stress due to centrifugal forces and fatigue loads under perpetual vibrations. The design of the blades then needs a comprehensive effort to avoid blade failures, damage and even breakages which would lead to high maintenance cost.

## Nacelle

The construction of the nacelle must be strong enough to be able to protect the major mechanical and electrical components of the wind turbine against any damage due to bad weather conditions. With an increase in the size of the wind turbine, the nacelle also gets bigger and heavier. However, a more powerful wind turbine also means a higher tower to fit the blades. Therefore, the installation of a nacelle at the top of the tower, whose length increases with capacity, becomes difficult and needs progressively more engineering and extra cost. So, the design of the nacelle particularly the need to create a nacelle at a reasonable weight is key – and whole systems design is crucial.

## Gearbox

A gearbox is connected to the rotor by a low-speed shaft and increases the rotor speed to a reasonable value. The high-speed shaft couples the gearbox to the generator. The design and choice of gearboxes should be undertaken carefully, as they are expensive and heavy. Initial gearboxes caused a large fraction of long term failures. Thus, careful gearbox design allows the maintenance cost to be reduced. Unless properly designed, the noise sourced from gearboxes can be annoying. However, for example, the materials used in the manufacturing process of the gearbox can be chosen in order to reduce noise. This is a special area for gearbox manufacturers, but shows some of the potential for innovation and system design.

The gearbox use is not necessary for variable speed wind turbines employing multi-pole synchronous generators with fully rated frequency converters. This reduces the cost, but if



the overall system is considered, the doubly-fed induction generator (DFIG) provides a cheaper option than the permanent magnet synchronous generator does. In DFIG based wind turbines, selecting a gearbox type and ratio are important as any disturbances in the mechanical dynamics (e.g. inertia, torque) are transferred to the generator. Nowadays, the efficiency of gearbox varies between 95% and 98%.

### Tower and Hub

Tower and hub designs are complex. The structural design of the tower should be capable of carrying the weight of the nacelle and the rotor blades. Due to wind speed fluctuations, the tower vibration could be minimised and eliminated through selecting a robust design of the tower. The typical tower height is 2 to 3 times the rotor radius, however in any case it should be more than 24m. The towers are made of steel, concrete or reinforced concrete. The tower construction in horizontal axis wind turbines could be tubular or lattice. Tubular towers have been commonly used in wind turbine applications. The hub design is another important issue for horizontal axis wind turbines (HAWTs). There are three common hub types: rigid, teetering and hinged. The most used one amongst them is the rigid hub, since the wind turbines mainly have rigid rotors.

### Yaw Mechanism

A yaw system is used in most HAWTs in order to keep the rotor oriented in the direction of the wind. Upwind HAWTs have active yaw control, while downwind HAWTs have free yaw control. The yaw mechanism is controlled by an automatic yaw control system including a sensor which traces the wind direction. The yaw control sensors are placed on the surface of the nacelle and are a critical component – failure significantly impairs the turbine performance.

### DRIVE TRAIN MODELLING

The drive train in a wind turbine system is mainly comprised of two rotating masses (wind turbine rotor and generator rotor), a low-speed shaft (on the turbine rotor side), a gearbox, a high-speed shaft (on the generator rotor side), a mechanical brake and couplings. Six different drive train configurations are illustrated in Figure 2.

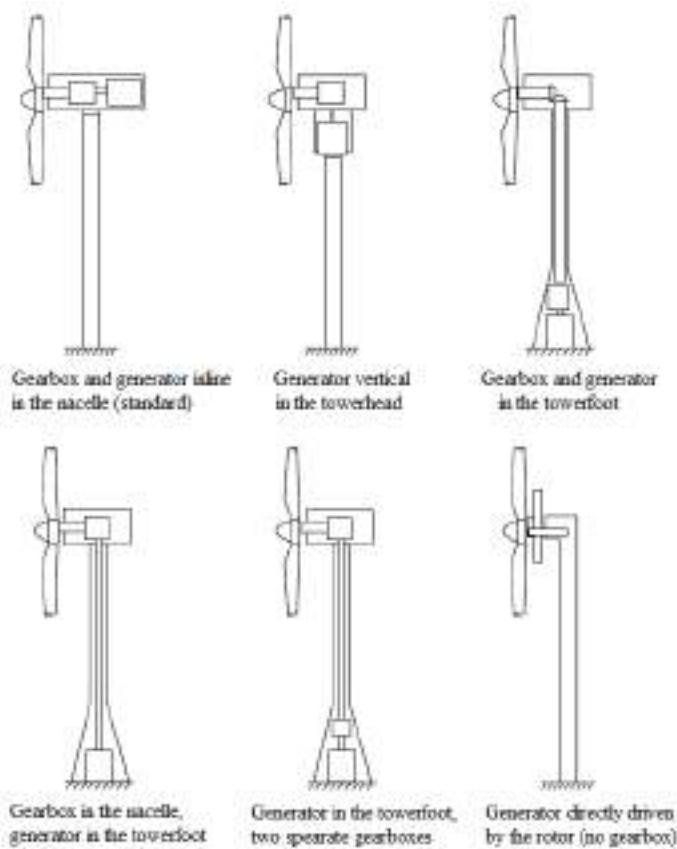


Figure 2. Drive train configurations

Typically, there are four different types of drive train modelling used for power system analysis in wind conversion applications: the six-mass drive train model, three-mass drive train model, two-mass drive train model and single-mass (one-mass or lumped mass) drive train model. These drive train models are shown in Figure 3.

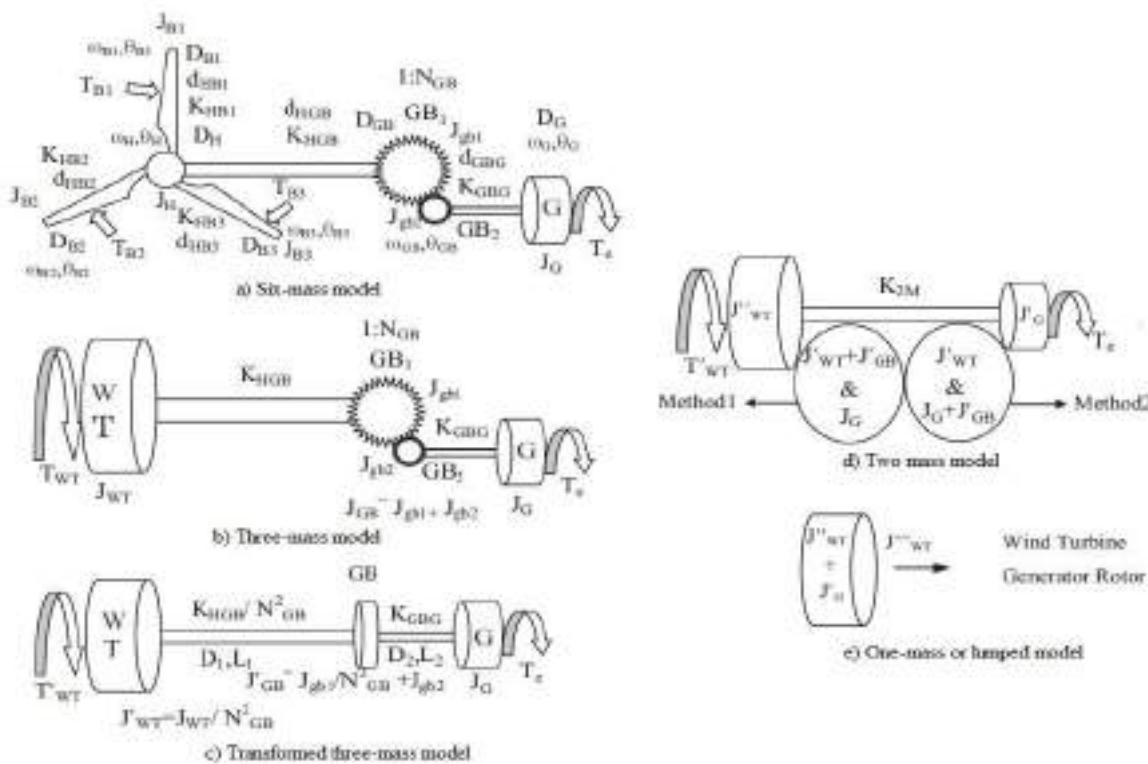


Figure 3. Drive train models for wind turbine systems

A six-mass model representation of the drive train in a wind turbine is presented in Figure 3.a. This system includes six inertias: three blade inertias ( $J_{B1}$ ,  $J_{B2}$ , and  $J_{B3}$ ), hub inertia ( $J_H$ ), generator inertia ( $J_G$ ), and gearbox inertia ( $J_{GB}$ ).  $\theta_{B1}$ ,  $\theta_{B2}$ ,  $\theta_{B3}$ ,  $\theta_{GB}$ ,  $\theta_G$ , and  $\theta_H$  denote the angular positions of the blades, gearbox, generator and hub, respectively.  $\omega_{B1}$ ,  $\omega_{B2}$ ,  $\omega_{B3}$ ,  $\omega_{GB}$ ,  $\omega_G$ , and  $\omega_H$  symbolise the angular frequencies of the three blades, gearbox, generator and hub, respectively.  $K_{HB1}$ ,  $K_{HB2}$ ,  $K_{HB3}$ ,  $K_{HGB}$ , and  $K_{GBG}$  are the spring constants, which define the elasticity between the adjacent masses. The mutual damping parameters between the adjacent masses are determined by  $d_{HB1}$ ,  $d_{HB2}$ ,  $d_{HB3}$ ,  $d_{HGB}$ , and  $d_{GBG}$ . The external damping components of individual masses,  $D_{B1}$ ,  $D_{B2}$ ,  $D_{B3}$ ,  $D_H$ ,  $D_{GB}$ , and  $D_G$ , causes some torque losses.  $T_e$ ,  $T_{B1}$ ,  $T_{B2}$ , and  $T_{B3}$  represent the generator torque and aerodynamic torques of the blades, respectively. Furthermore, the blade torques can be represented as a wind turbine torque,  $T_{WT}$ , ( $T_{WT}=T_{B1}+T_{B2}+T_{B3}$ ).

If three blade inertias and the hub inertia are integrated with each other to form one inertia (the turbine inertia), the six-mass drive train model turns into three-mass representation. Thus, the mutual damping parameters between the blades and the hub are neglected. This configuration is shown in Figure 3.b. In case of representing the gears of the gearbox as a lumped equivalent inertia ( $J'_{GB}$ ), a transformed three-mass drive train model would be designed. This system is also known as simplified three-mass model. A three-mass representation of the wind turbine drive train is presented in a slightly different way in Figure 4.

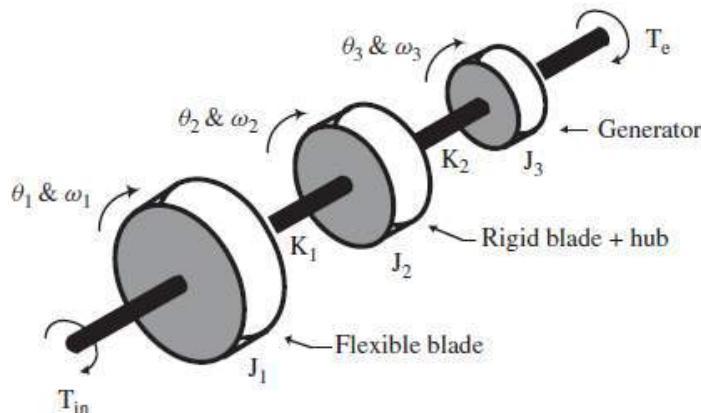


Figure 4. Three-mass drive train model including blade and shaft flexibilities

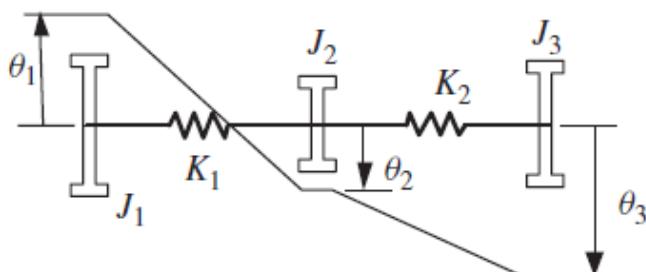


Figure 5. Representation of the three-mass model in terms of rotor structural dynamics

The dynamic equations of the three-mass model in Figure 4 using the representation of the rotor structural dynamics shown in Figure 5 are given as:

$$J_1 \frac{d^2}{dt^2} \theta_1 = -K_1(\theta_1 - \theta_2) \quad (1)$$

$$J_2 \frac{d^2}{dt^2} \theta_2 = -K_1(\theta_2 - \theta_1) - K_2(\theta_2 - \theta_3) \quad (2)$$

$$J_3 \frac{d^2}{dt^2} \theta_3 = -K_2(\theta_3 - \theta_2) \quad (3)$$

By combining the low-speed shaft and the high-speed shaft together into an equivalent shaft, the three-mass model can be reduced to two-mass model which is shown in Figure 3.d. There are two methods of constituting the two-mass model. In method 1 the wind turbine and the gearbox are lumped together to show the equivalent mass moment of the wind turbine inertia ( $J'_{WT}=J'_{WT}+J'_{GB}$ ), and a generator inertia ( $J_G$ ) itself, or in method 2 the gearbox is adjacent to the generator to represent the equivalent mass moment of the generator inertia ( $J'_G=J_G+J'_{GB}$ ), plus a wind turbine inertia ( $J_{WT}$ ) itself. In the two-mass model, the mutual damping parameters of the generator and gearbox are neglected. In this system,  $K_{2M}$  denote the equivalent shaft stiffness of the two-mass drive train model whose equation is:



$$\frac{1}{K_{2M}} = \frac{1}{K_{HGB}/N_{GB}^2} + \frac{1}{K_{GBC}}$$

(4)

where  $N_{GB}^2$  is the speed ratio of the gearbox.

A different way of showing two-mass drive train model is illustrated as:

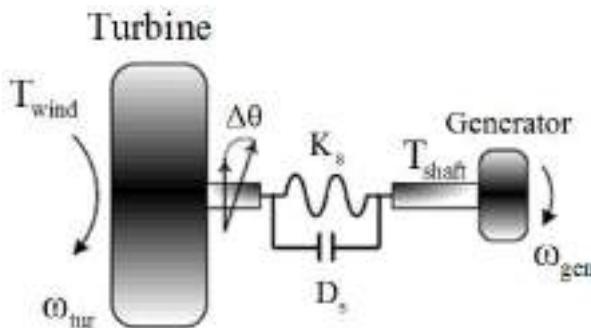


Figure 6. Two-mass drive train model

The dynamic equations for the two-mass model of the drive train depicted in Figure 6 are given as:

$$\frac{d\omega_{tur}}{dt} = \frac{T_{wind} - T_{shaft} - D_s \omega_{tur}}{J_{tur}}$$

(5)

$$T_{shaft} = K_s \Delta \theta + D_s \left( \omega_{tur} - \frac{\omega_{gen}}{\eta_{gear}} \right)$$

$$\frac{d(\Delta \theta)}{dt} = \omega_{tur} - \frac{\omega_{gen}}{\eta_{gear}}$$

(7)

$$P_m = T_{shaft} \frac{\omega_{gen}}{\eta_{gear}}$$

(8)

where  $P_m$  is the mechanical power on the generator shaft.

Further simplification can be made by lumping all masses in a wind turbine system together and representing them as a one-mass (single-mass or lumped-mass) drive train model. The equivalent inertia of a one-mass model is defined by  $J''_{WT}$  ( $= J'''_{WT} + J_G$ ) and shown in Figure 3.e. The dynamic behaviour of this system could be formulated by following equation:

$$\frac{d\omega_R}{dt} = \frac{T_{WT} - T_E}{J''_{WT}}$$

where  $J''_{WT}$  is the inertia constant of the rotating mass,  $\omega_R$  is the angular speed of the rotor,  $T_{WT}$  is the input mechanical torque applied to the wind turbine rotor, and  $T_E$  is the electromagnetic torque of the generator.

## CONCLUSION



In this paper, the common mechanical modelling and components of a wind turbine is presented. The basic knowledge on drive train model configurations were given. The mass models are explained and the simplification of six masses to one-mass is included as well. It is emphasised that the mechanical modelling is as important as the electrical system of wind turbine. Therefore, mechanical modelling of a wind turbine should be properly and correctly made.

## REFERENCES

- Ackermann, T. (2012). *Wind power in power systems*. 2<sup>nd</sup> edition, John Wiley & Sons Ltd.
- Anaya-Lara, O., & Jenkins, N., & Ekanayake, J., & Cartwright, P., & Hughes, M. (2009). *Wind energy generation – modelling and control*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Barnes, M. (2010). *MSc modules*. University of Manchester.
- Burton, T., & Jenkins N., & Sharpeand, D., & Bossanyi, E. (2011). *Wind energy handbook*", 2<sup>nd</sup> edition, John Wiley & Sons, Ltd.
- Hau, E. (2013). *Wind turbines - fundamentals, technologies, applications, economics*. 3<sup>rd</sup> edition, Springer-Verlag.
- Kayikci, M. (2007). *The influence of wind plant control on transient performance of the network*", PhD Thesis, University of Manchester, UK.
- Leonhard, W. (2001). *Control of electric drives*. 3<sup>rd</sup> edition. Springer Verlag.
- Master, G. M. (2013). *Renewable and efficient electric power systems*. John Wiley & Sons Inc.
- Muyeen, S.M., & Tamura, J., & Murata, T. (2009). *Stability augmentation of a grid-connected wind farm*". Springer.
- Ozakturk, M., (2012). Power electronic systems design co-ordination for doubly-fed induction generator wind turbines, *PhD Thesis*, University of Manchester, UK.
- Patel, M. R. (2005). *Wind and solar power systems: design, analysis, and operation*. 2<sup>nd</sup> edition, CRC Press.



## THE EFFECT OF WINDOW ALTERNATIVES ON ENERGY CONSUMPTION AND LIFE CYCLE COST IN MODERATE-HUMID CLIMATE REGIONS IN RESIDENTIAL BUILDINGS

Ümit BAHADIR

Department of Civil Engineering, Karadeniz Technical University, TURKEY.

umitbahadir@ktu.edu.tr

Xhensila THOMOLLARI

Department of Civil Engineering, Karadeniz Technical University, TURKEY.

xthomollari@yahoo.com

Sibel MAÇKA KALFA

Department of Architecture, Karadeniz Technical University, TURKEY.

sibelmacka@ktu.edu.tr

Vedat TOĞAN

Department of Civil Engineering, Karadeniz Technical University, TURKEY.

togan@ktu.edu.tr

Onur B. TOKDEMİR

Department of Civil Engineering, Middle East Technical University, TURKEY.

tokdemir@metu.edu.tr

**ABSTRACT:** Recently, the amount of energy consumed in buildings has increased daily due to technological developments and population growth. Significant portion of this energy is consumed in residential buildings. Reducing the energy consumption of residential buildings is crucial, considering the depletion of fossil-based energy resources and its effect on the economy of the countries. This study aims to investigate the effect of window alternatives on the reduction of energy consumption and life cycle cost (LCC) of residential buildings for heating and cooling. The study is carried out in the city of Trabzon, which represents the moderate-humid climate region. For this study, a residential flat that has 1+1 floor plan for a family of two, is used for simulation. For this flat, yearly heating and cooling energy consumptions and life cycle costs are calculated using DesignBuilder simulation program according to different window-wall ratios of window alternatives. Window assembly alternatives are composed of double glazing units with clear glass, low-e glass, blue tinted glass and reflective glass and PVC frame. As a conclusion, the most energy and cost efficient window alternatives for moderate-humid climate regions are recommended.

**Keywords:** DesignBuilder, energy consumption, life cycle cost, residential buildings, window alternatives

## INTRODUCTION

In the last decades, the attention towards green buildings and passive houses has increased. Because of the various external factors such as climate change, depletion of natural resources and population growth, many developed and developing countries are



encouraging the design of energy efficient buildings by implementing incentive policies. In various studies, the performance of different buildings element are investigated, especially, building's enclosure or building envelope.

Generally, building's enclosure consists of walls, floors, roofs, fenestrations, and doors. In the category of fenestrations, the following are included: windows, skylights, clerestories, etc.(Sadineni, Madala, & Boehm, 2011; Sozer, 2010). For existing buildings in Turkey, heat-losses occurring through building envelope are respectively 25% in roofs, 25% in openings, 20% in building structural system and 15% in walls and heat gains are 25-35% in roofs, % 25-35 in windows, 15-25 % in walls, 10-20% ground floors, and 5-25% air infiltration.(NIRAS, 2016). These heat losses and gains are directly related to heating and cooling loads, which means more energy consumption. For an ordinary family, it is translated as more expensive electrical or natural gas bills. Whilst, in governmental level it is evaluated as more energy supply demand, depletion of natural resources and negative effects on the environment (Yousefi-Sahzabi et al., 2017). In Turkey, the electrical energy consumption is expected to increase up to 6.9% until 2020 (Ministry of Energy and Natural Resources, 2017). In residential buildings, the consumed energy is used 32% for heating, 13% for hot water supply, 12% for lighting, 10% for cooling and 33% for other purposes. While in commercial buildings, the energy is used 28% for lighting, 16% for heating, 13% for cooling, 7% for hot water supply, 7% for ventilation and 9% for other purposes.(NIRAS, 2016).

An optimal window design can help in reducing the energy consumed for heating/cooling and lighting. There are three major types of energy flow that occur through the windows: 1) non-solar heat losses and gains in the form of conduction, convection, and radiation; (2) solar heat gains in the form of radiation; and (3) airflow, both intentional (ventilation) and unintentional (infiltration).

Some of most significant parameters of windows are heat transmittance coefficient (U-value), solar heat gain coefficient (SHGC), and visible light transmittance (VT) (National Fenestration Rating Council, 2017). For the first two parameters, the lower value translates as the less heating and cooling consumption. Visible Transmittance measures how well a product is designed effectively light a zone with the daylight. The higher VT-value means more natural light and less artificial light. The energy performance of a window assembly is in function of climate conditions, location of the building façades, window/wall ratio, window's frame structure and properties, number of glazing layers, and glazing properties. An adequate selection of these parameters makes a window more energy and cost efficient.

In the literature, there are many studies about the role of windows in the whole building energy performance. A great number of researchers were focus on different scenarios. In these scenarios, investigated parameters were: climate condition, windows/wall ratio, windows orientations, windows frame properties, glazing properties, the number of glazing layers, the gases between the layers, buildings zone functions, building's plans configurations etc. (Chwieduk, 2014; Deng et al., 2011; Hee et al., 2015; Sadineni, Madala, & Boehm, 2011; Sang, Pan, & Kumaraswamy, 2014; Shariah, Tashtoush, & Rousan, 1997). These parameters affect the daylight availability and heating/ cooling loads of the windows. Energy efficient windows should have low life cycle cost. Energy performance and life cycle cost analysis should be together discussed (Kumar & Babu, 2017; Yasar & Kalfa M., 2012; Kalfa M., 2014; Ünalan, 2016; Yildiz, Özbalta G., & Arsan



D., 2011; Yilmaz, 2007). In this context, this study focus on determine to energy performances and life cycle costs of different window alternatives according to different window-wall ratios.

## METHODS

The current study utilizes a reference high-rise residential project with a 1+1 typical floor plan for a family of two in a metropolitan city with moderate-humid climate in Turkey. For this purpose, this building is located in Trabzon, in Climate Region II, a moderate-humid climate. It was desired to investigate the effects of different types of glass on the heating and cooling loads of buildings. Therefore, all the parameters except glazing units of windows were kept constant. The glazing units used were double-glazing units with a low-e coating, tinted (blue) units, clear reflective units, and reflective + low-e coating units, instead of the widely available clear double-glazing units. Heating and cooling loads through these glasses were calculated monthly and annually by means of the DesignBuilder energy simulation software. Next, life cycle costs of each window alternative were calculated by summing the initial capital investment and the energy cost of the windows. Finally, the energy and economic efficiency of the used glazing units were investigated and most suitable alternative was determined.

### Glass Types in Building

One of the most important element of the buildings in terms of energy efficiency and building economy is windows. The heat conservation performance and solar control performance of any glass are respectively dependent on the heat transmittance coefficient (U-value, W/m<sup>2</sup>K) and the solar heat gain coefficient (SHGC). A low U-value corresponds to high heat protection performance and a low SHGC corresponds to high solar control performance. Instead of the available glass typically used in the flats, the research is conducted with investigated blue tinted glass, low-e coated glass, clear reflective glass, and reflective+low-e coated glass. The thermophysical-optical and dimensional properties of the single glasses used in the double-glazed units are given in Table 1. The thermal performance criteria of the double-glazed units composed of the single glasses were calculated using DesignBuilder software and are given in Table 2.

**Table 1. The Thermophysical–Optical and Dimensional Properties of the Single Glasses**

Glass Types	d (mm)	$\lambda$ (W/mK)	T <sub>sol</sub>	R <sub>sol1</sub>	R <sub>sol2</sub>	T <sub>vis</sub>	R <sub>vis1</sub>	R <sub>vis2</sub>	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>
Clear Glass	6	0,9	0,77 5	0,07 1	0,07 1	0,88 1	0,08 0	0,08 0	0,84 0	0,84 0
Low-e Glass 3	5,63 8	1	0,66 2	0,11 3	0,10 0	0,81 9	0,10 8	0,10 2	0,15 7	0,84 0
Reflective Glass	5,89	1	0,43 8	0,35 6	0,27 2	0,32 6	0,50 9	0,44 0	0,83 7	0,83 7
Blue Tinted Glass	5,95	1	0,34 5	0,05 0	0,05 0	0,54 0	0,05 7	0,05 7	0,84 0	0,84 0
Reflective/Lo w-e Glass	5,91 8	1	0,58 0	0,22 7	0,18 6	0,66 5	0,28 5	0,25 4	0,20 9	0,84 0

**Table 2. The Thermal Performance Criteria of Double-Glazed Units in the Building Simulation Model**

Double glazed units (6-12-6 mm)	U (W/m <sup>2</sup> K)	SHGC	T <sub>SOL</sub>	T <sub>vis</sub>
CLR	2,685	0,703	0,604	0,781
LECLR3	1,877	0,669	0,527	0,727
RFLCLR	2,688	0,403	0,329	0,301
BLCLR	2,690	0,413	0,282	0,473
CLRRFLLE3	1,963	0,584	0,459	0,601

**DesignBuilder Energy Simulation Software**

For calculating the monthly and yearly heating and cooling loads in the flat, it is used a dynamic building energy simulation software as DesignBuilder v. 4.7.0.022. This software uses the EnergyPlus dynamic thermal simulation engine for calculating thermal performance of a building with multiple zones located in different climates and occupancy schedules conditions. Parameters like occupancy schedules, operation periods of heating and cooling, air conditioning systems, lighting, and home appliances are determined by the user. According to these parameters the software calculates the heat gain losses through building elements, energy loads, solar gains through glazing etc. (DesignBuilder Ltd UK, 2017)

**Meteorological Data**

The building model was located in Trabzon (39.72°N, 41°E, altitude 30 m), in Climate Region II, representing the moderate-humid climate of Turkey. Meteorological data for Turkey's Climate Region II are given in Table 3. (Tukish State Meteorological Service, 2010)

**Table 3. Meteorological Data for Trabzon**

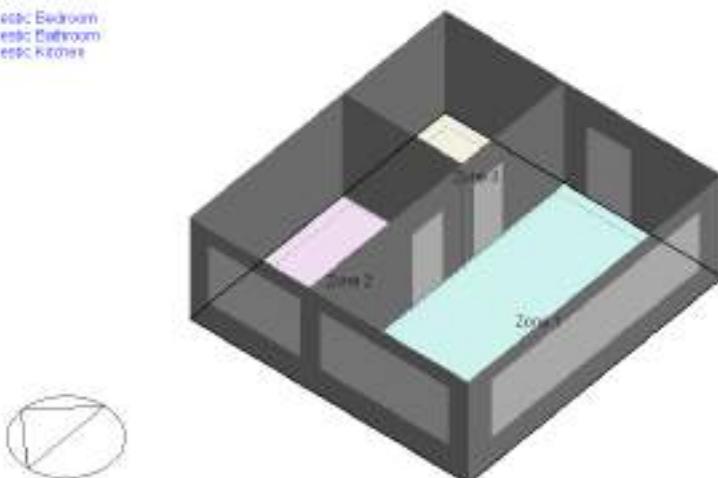
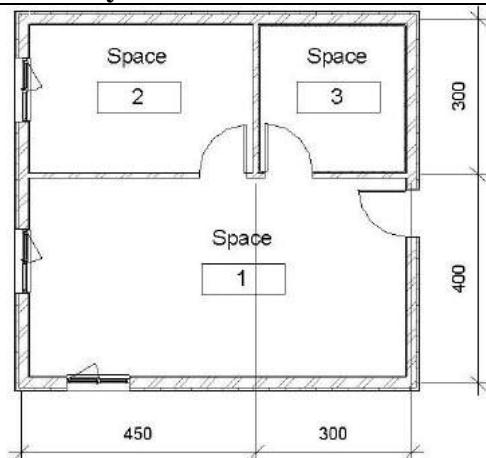
	JA N	FE B	MA R	AP R	MA Y	JU N	JU L	AU G	SE P	OC T	NO V	DE C
Outside temperature (°C)		7,5	7,6	9,2	11,4	15,7	20,5	23,9	24,7	21,4	17,6	12,9
Wind speed (m <sup>2</sup> /s)	100900	2,9	100900	3,0	100900	2,5	100900	2,3	100900	2,6	100900	2,8
Atmospheric pressure (Pa)	100900	100900	100900	100900	100900	100900	100900	100900	100900	100900	100900	100900
Relative Humidity (%)	64	66	70	78	80	76	74	73	73	74	69	65

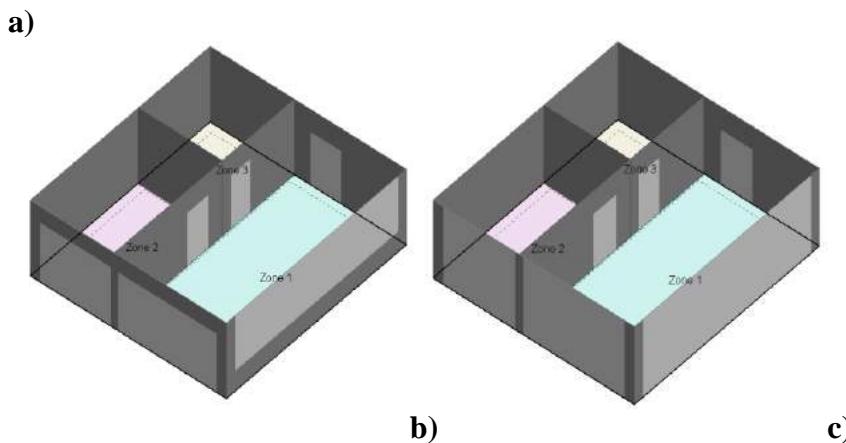
Global Horizontal Radiation (W/m <sup>2</sup> )	66	95	133	161	197	221	194	185	148	104	72	58
Direct Normal Radiation (W/m <sup>2</sup> )	78	100	89	101	134	152	111	123	113	79	77	62
Diffuse Horizontal Radiation (W/m <sup>2</sup> )	39	51	86	100	106	120	118	107	83	66	42	38
<b>Building Model</b>												

A typical flat has 1+1 floor plan designed for a family of 2 in a reference residential building project, with different window/wall ratios, was used for the energy and cost efficiency analysis. Table 4 shows typical flat which has 1+1 floor plan in a reference residential building in Trabzon and zones of these plan. The flat's height is 3 m. The simulation study is based on the layout of the flat in the 7 floor. This flat with a total floor area of 43.09 m<sup>2</sup>, has one bedroom, one living room+ kitchen, and one bathroom. This flat, with three thermal zones, faces southwest. In figure 1, it is shown the modeled flats with different WWR: a) 50%, b) 75% and c) 100%, respectively.

**Table 4. Flat Layout and Zones Areas of the Flat**

	Area (m <sup>2</sup> )
Living Room+Kitchen	25,19
Bedroom	10,92
Bathroom	6,98
Total	43,09





**Figure 1. Flat Model with WWR: a) 50%, b) 75% and c) 100%.**  
**Building Model Construction**

The investigated typical flat has both exterior and partition walls. The exterior walls consist of four layers of material: a 20 mm thick plaster layer on each side, a 200 mm thick concrete layer, and a 50 mm thick expanded polystyrene – EPS heat insulation (on the outer surface). The heat transmittance coefficient (U-value) of the exterior wall is 0.599 W/m<sup>2</sup>K. The partition walls consist of three layers of material: a 20 mm thick plaster layer on each side and a 200 mm thick concrete layer. The plaster layers for all of the walls are gypsum. The heat transmittance coefficient (U-value) of the exterior wall is 2.304 W/m<sup>2</sup>K.

The flat floors consist of three layers of material, listed from the outer to interior surface: a 20 mm thick gypsum plaster layer on each side and a 100 mm thick concrete layer. The flat roof is not pitched roof, because the investigated flat is on intermediate floors. This roof consists of four layers of material, listed from the outer to interior surface: a 20 mm thick gypsum plaster layer, a 200 mm thick concrete layer, a 50 mm thick expanded polystyrene – EPS heat insulation (on the interior surface), a 20 mm thick gypsum plaster layer. The heat transmittance coefficient (U-value) of the floor and ceiling construction is 2.604 W/m<sup>2</sup>K and 0.610 W/m<sup>2</sup>K, respectively. The properties of the building materials used in the flat are given in Table 5. The existing windows in the flat are composed of polyvinyl chloride (PVC) -20 mm- and a double-glazing unit with two 6 mm thick panes and a 12 mm thick air gap. The heat transmittance coefficient (U-value) of polyvinyl chloride is 3.476 W/m<sup>2</sup>K [11].

**Table 5. Properties of Building Materials Used in Flat**

	Density (kg/m <sup>3</sup> )	Specific heat capacity (J/kg K)	Thermal conductivity (W/mK)
Concrete	1800	1000	1,35
Gypsum plaster	1000	1000	0,40
Expanded Polystyrene-EPS	15	1400	0,04

#### ***Utilization of Model Flats***

General functional information of flat are given in the Table 6.



**Table 6. General Functional Information of Flat**

General information	
User type	Two adults
Occupancy schedule	Weekday - 18:00-08:00 Weekend - 00:00-24:00
Zone types	Zone 1. Living room+Kitchen Zone 2. Bedroom Zone 3. Bathroom
Equipment types	Miscellaneous (Television, refrigerator etc) Computer
Heating system	Fan Coil (from October 1st to March 31st)
Heated zone	Zone 1 and Zone 2
Cooling system	Air conditioner running on electricity
Cooled zone	Zone 1 and Zone 2

### Life Cycle Cost Analysis

The life cycle cost is the total cost of a unit element of building including initial cost of maintenance/repair replacement, operation, and disposal. The following formula is used to calculate the life cycle cost (LCC) (National Institute of Standards and Technology (NIST), 2017):

$$\text{LCC} = I + M-R-O + R - RV \quad (1)$$

Where: I-Initial cost; M-R-O- Maintenance-Repair-Operation cost; R-Replacement cost; RV- Residual value. In this study, it is considered only initial and operation costs because of no accurate data related to maintenance and repair costs. Parameters used in the LCC analysis are given Table 7. Discount rate of 15% and inflation rate of 10.68% is used for Turkey (Turkish Statistical Institute, 2017). The unit price of natural gas (0,116049224 TL/kWh) and electricity (0,422794 TL/kWh) used in the calculation of energy expenditures were retrieved from official web site of distributor companies in Trabzon (Aksa Karadeniz Doğal Gaz, 2017; Energy Institute, 2017). Respective unit prices of the glazing are illustrated in Table 8. Glazing prices were obtained from the manufacturers that are operating in Turkey.

**Table 7. Parameters Used in the Life Cycle Cost Analysis**

Analysis type	General LCC analysis-non-federal, no taxes
Beginning date for LCC	2017
Study period	30 years
Planning/Construction period	2 years
Discount rate	15%



Life of glazing	60 years
Fuel type	Natural gas, electricity
The unit cost of natural gas	0,116049224 TL/kWh (for 2017)*
The unit cost of electricity	0,422794 TL/kWh (for 2017)*

**Table 8. Cost of Double Glazed Units**

Double glazed units	Supply price/m <sup>2</sup> (TL)*
CLR	70,8
LECLR3	139,712
RFLCLR	131,452
BLCLR	131,452
CLRRFLLE3	139,712

\* VAT is included in the prices

According to LCC analysis, Table 9 shows the total initial capital investment for all the type of glazing and windows/wall ratios scenarios. Furthermore, yearly operational costs are given in Table 10.

**Table 9. Total Initial Capital Investment of Glazing for Various WWR (TL)**

WWR	Glazing area (m <sup>2</sup> )	CLR	LECLR3	RFLCLR	BLCLR	CLRRFLLE3
50%	19,8	1401,8	2766,3	2602,7	2602,7	2766,3
75%	29	2053,2	4051,6	3812,1	3812,1	4051,6
100%	38,5	2725,8	5378,9	5060,9	5060,9	5378,9

**Table 10. Yearly Energy Expenditures of Glazing for Various WWR (TL)**

WWR	CLR	LECLR3	RFLCLR	BLCLR	CLRRFLLE3
50%	1757,3	1762,2	1008,9	1103,4	1543,5
75%	2483,8	2527,6	1439,4	1570,9	2212,5
100%	3156,1	3254,9	1845,7	2009,2	2847,2

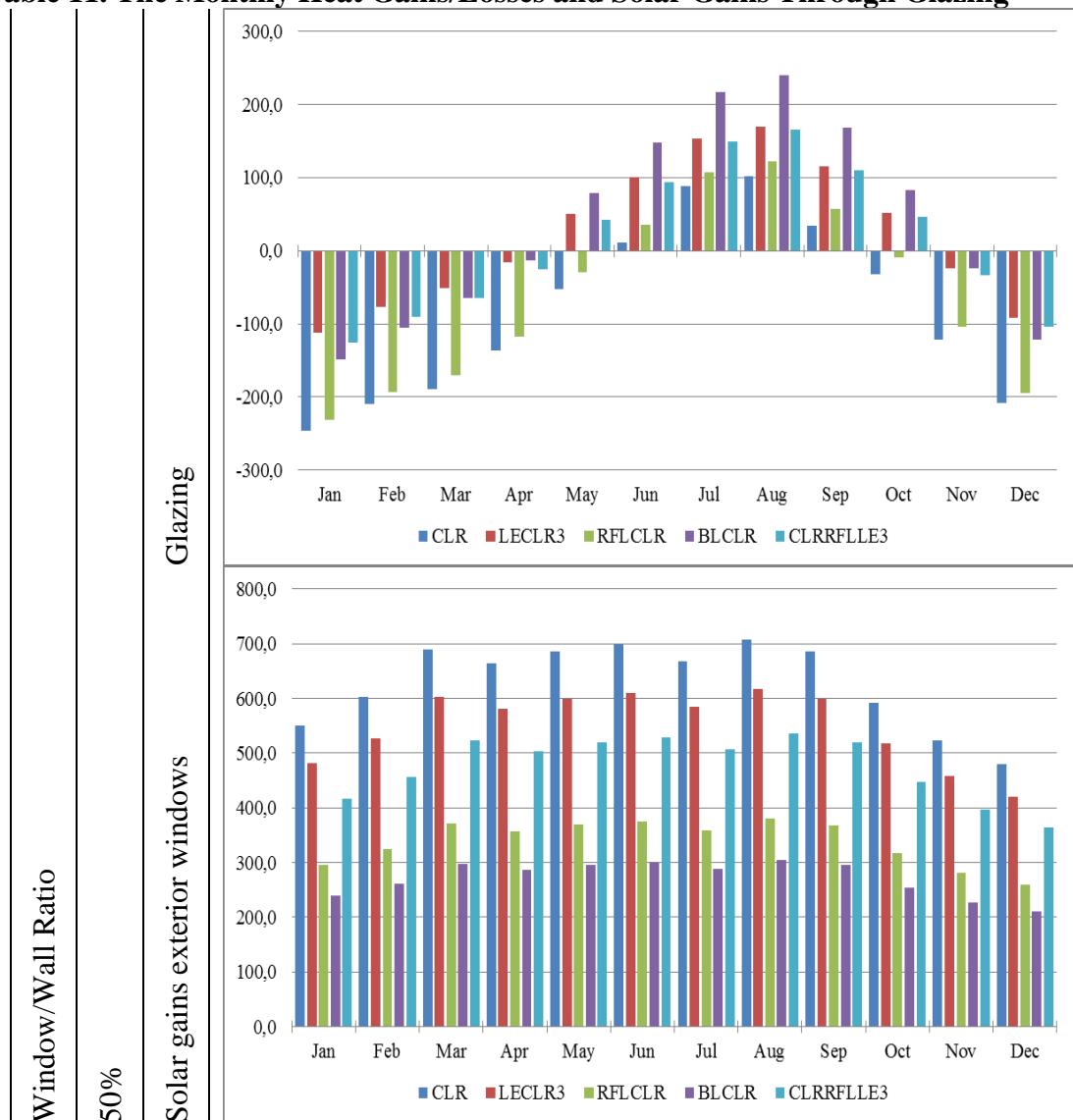
## RESULTS AND FINDINGS

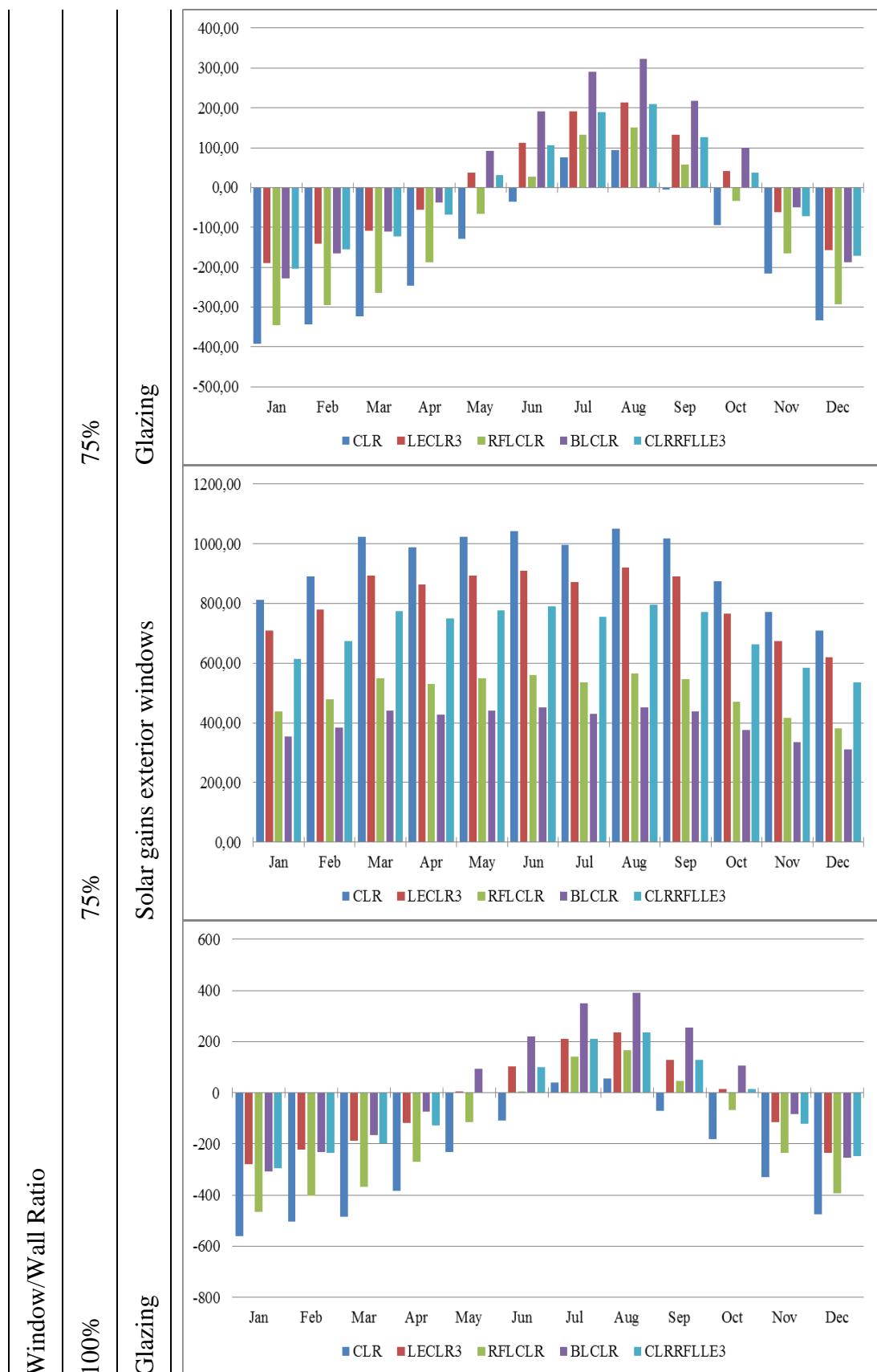
After the simulation, the monthly heat gains/losses and solar gains through glazing were obtained, as shown in Table 11. According to definitions in DB, glazing is the total heat flow to the zone from the glazing, frame and divider of exterior glazing excluding transmitted short-wave solar radiation, while solar gains is short-wave solar radiation transmission through all external windows.

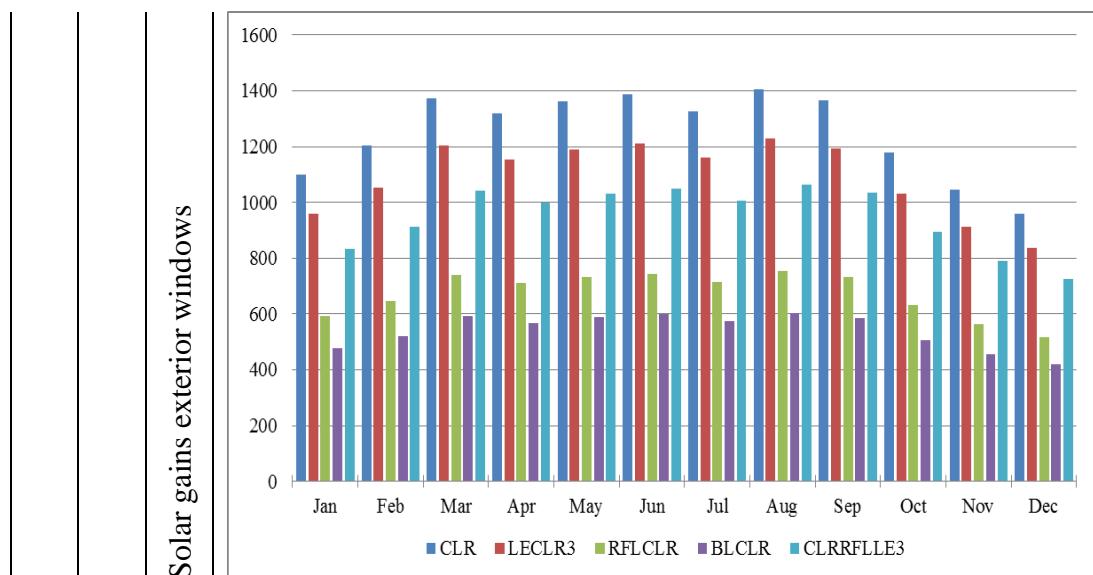
When considering the situation for WWR 50%, during the total heating period (from the beginning of October to the end of March), due to heat losses/gains through glazing in LECLR3, RFLCLR, BLCLR, CLRRFLLE3 occur 69,9%, 10,4%, 62,1%, 63,1%, respectively, less heat losses than in CLR. When examining solar gains exterior windows

values, yearly solar gains in LECLR3, RFLCLR, BLCLR, CLRRFLLE3 are 12,6%, 46,2%, 56,8%, 24,2% lower than in CLR glazing.

**Table 11. The Monthly Heat Gains/Losses and Solar Gains Through Glazing**

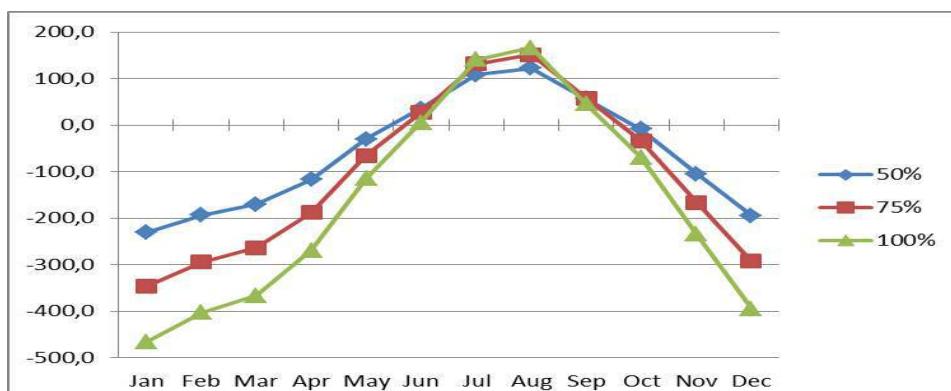




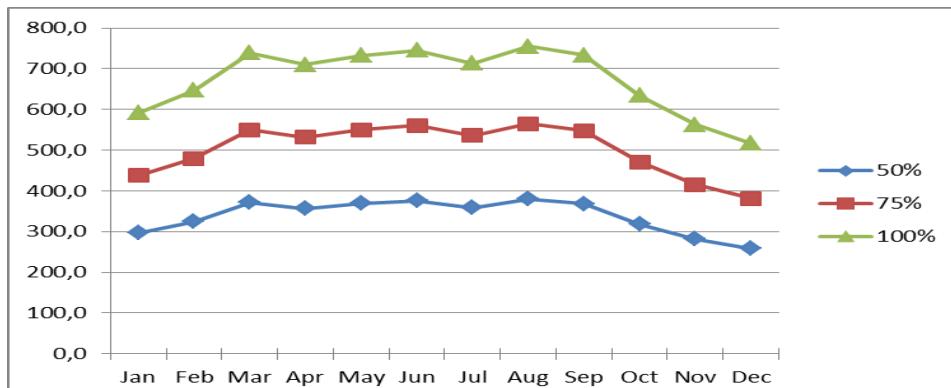


The total heating loads are calculated by summing the monthly heat losses/gains and solar gains through glazing in the heating period (from the beginning of October to the end of March) and the total cooling loads by summing the monthly solar gains and heat losses/gains value, during cooling period (from the beginning of April to the end of September). In this study, the total heating loads during heating period are zero, due to high total glazing area that means the effect of solar gains is higher than heat losses/gains through glazing. So, in this study, the annual energy loads are equal to the total cooling loads.

Based on the results obtained in this study, using RFLCLR, BLCLR, CLRRFLLE3 cause 42,6%, 37,2%, 12,2%, respectively, more energy savings compared to CLR. In contrast, using LECLR3 produces 0,3% more energy consumption than CLR glazing units. As a result, RFLCLR provides more yearly energy savings than the others alternatives. That means, RFLCLR is the most efficient in terms of total annual energy consumption. In Figure 2 and 3 are shown the monthly heat gains/losses and solar gains through RFLCLR for different WWR. As seen in figure 2 and 3, while WWR increase even heat losses/gains through glazing rises. Also, the effect of solar gains is higher when the WWR grows.

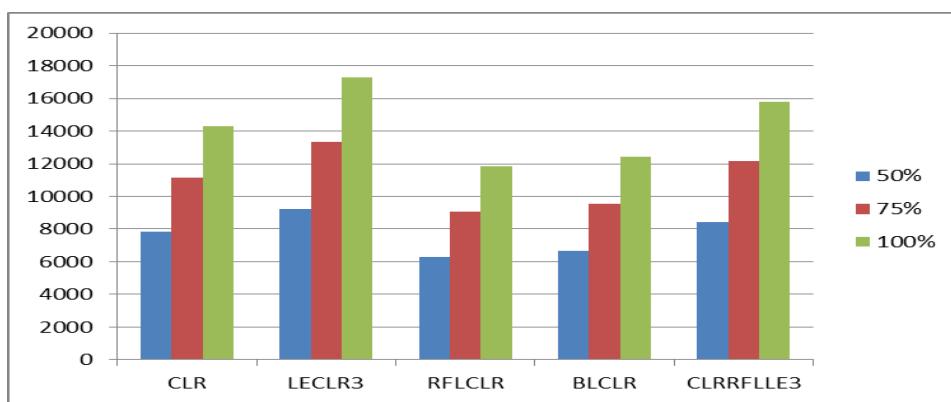


**Figure 2. Monthly Heat Gains/Losses Through RFLCLR for different WWR**



**Figure 3. Monthly Solar Gains Through RFLCLR for different WWR**

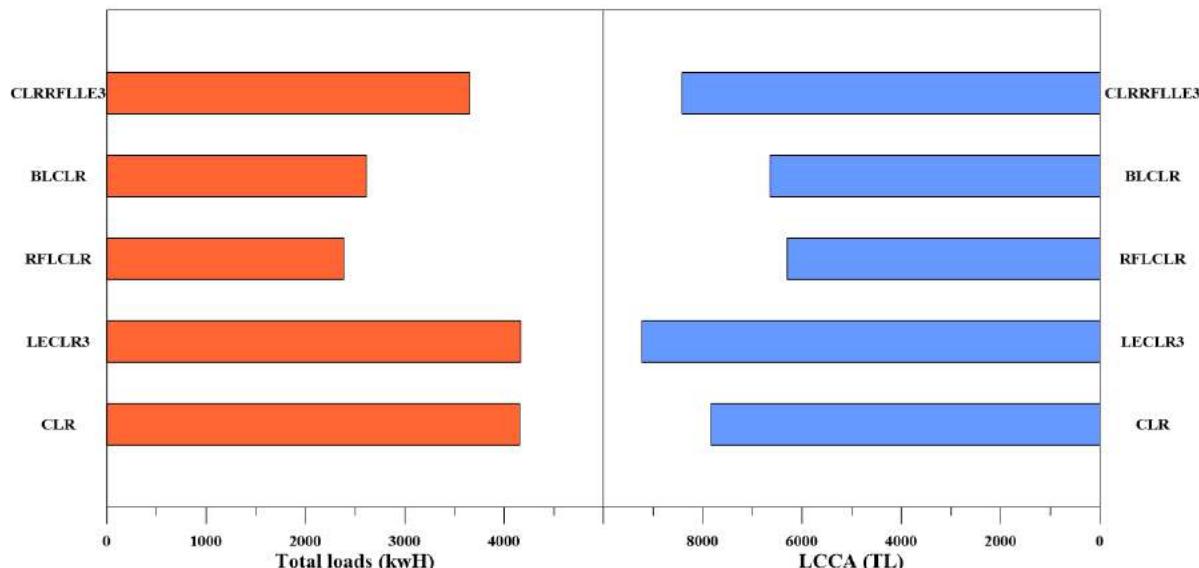
In order to find the most economic efficient glazing, the lowest life cycle cost of glazing is examined. The life cycle cost of every double-glazing unit is illustrated in Figure 4. According to LCCA, for WWR 50%, using RFLCLR, BLCLR, CLRRFLLE3 cause 19,7%, 15.2%, 7.4%, respectively, more cost savings compared to CLR. In contrast, using LECLR3 is 17,6% more expensive than CLR glazing units. As a result, RFLCLR is more economic efficient because of its higher value of cost savings than the other alternatives.



**Figure 4. LCC of Glazing for Various WWR**

## CONCLUSION

In this study, the energy and economy efficiency of five glazing types were evaluated according to simulation results for moderate-humid climates. The double-glazing units examined were composed of clear, low-e coating, blue tinted, reflective, and reflective+low-e coating glasses. During the study, the heat losses/gains and solar gains through glazing were considered. According to simulations results, Figure 5 shows the energy efficiency and economic efficiency of the investigated double-glazing units.



**Figure 5. The Energy and Economic Efficiency Comparison of the Investigated Double-Glazing Units**

After conducting this study, we can make following conclusions:

During heating period, for all WWR , using LECLR3 causes less heat losses than the other double-glazing units, as shown in Table 11.

In terms of yearly solar gains, BLCLR gives lower solar gains comparing to the other double-glazing units. For WWR 50%, using BLCLR produce 54 % less solar gains value compared to CLR.

Considering the effect of window/wall ratio on the heat losses/gains and solar gains through glazing, if the WWR increase even their values rise.

As shown in Figure 5, RFLCLR is the most efficient in terms of total annual energy consumption. Also, RFLCLR is more economic efficient because of its lower life cycle cost.

Consequently, in the cities like Trabzon that has moderate-humid climate, constructors should use more energy and economic efficient RFLCLR glazing in residential units rather than the other alternatives.

## REFERENCES

- Aksa Karadeniz Doğal Gaz. (2017). Aksa Karadeniz Doğal Gaz. Retrieved September 15, 2017, from <http://www.karadenizgaz.com.tr/Turkish/FiyatTarifesi.aspx>
- Chwieduk, D. A. (2014). Some aspects of energy efficient building envelope in high latitude countries. *Energy Procedia*, 57, 1898–1907. <http://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.10.054>
- Deng, S., Dalibard, A., Martin, M., Dai, Y. J., Eicker, U., & Wang, R. Z. (2011). Energy supply concepts for zero energy residential buildings in humid and dry climate. *Energy Conversion and Management*, 52(6), 2455–2460. <http://doi.org/10.1016/j.enconman.2010.12.054>
- DesignBuilder Ltd UK. (2017). DesignBuilder Software Ltd - Home. Retrieved from <http://www.designbuilder.co.uk/>
- Energy Institute. (2017). Güncel Elektrik Fiyatları Tarifesi Enerji Enstitüsü. Retrieved September 15, 2017, from <http://enerjenstitusu.com/>



- Hee, W. J., Alghoul, M. A., Bakhtyar, B., Elayeb, O., Shameri, M. A., Alrubaiah, M. S., & Sopian, K. (2015). The role of window glazing on daylighting and energy saving in buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 323–343. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2014.09.020>
- Kumar, G. K., & Babu, T. P. A. (2017). Study of Various Glass Materials to Provide Adequate Day Lighting in Office Buildings of Warm and Humid Climatic Zone in India. *Energy Procedia*, 109(November 2016), 181–189. <http://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.090>
- Maçka K., S. (2014). *The method using in determination of heating and cooling loads for residential buildings in turkish climate regions*. Karadeniz Technical University.
- Ministry of Energy and Natural Resources. (2017). T. Retrieved September 10, 2017, from <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Elektrik>
- National Fenestration Rating Council. (2017). Energy Performance Label. Retrieved September 12, 2017, from <http://www.nfrc.org/energy-performance-label>
- National Institute of Standards and Technology (NIST). (2017). Life-Cycle Cost Analysis (LCCA) WBDG Whole Building Design Guide. Retrieved June 3, 2017, from <https://www.wbdg.org/resources/life-cycle-cost-analysis-lcca>
- NIRAS. (2016). *Energy Systems and Measurement Methods in Buildings*.
- Sadineni, S. B., Madala, S., & Boehm, R. F. (2011). Passive building energy savings: A review of building envelope components. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(8), 3617–3631. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.014>
- Sang, X., Pan, W., & Kumaraswamy, M. M. (2014). Informing energy-efficient building envelope design decisions for Hong Kong. *Energy Procedia*, 62, 123–131. <http://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.12.373>
- Shariah, A., Tashtoush, B., & Rousan, A. (1997). Cooling and heating loads in residential buildings in Jordan. *Energy and Buildings*, 26(2), 137–143. [http://doi.org/10.1016/S0378-7788\(96\)01027-4](http://doi.org/10.1016/S0378-7788(96)01027-4)
- Sozer, H. (2010). Improving energy efficiency through the design of the building envelope. *Building and Environment*, 45(12), 2581–2593. <http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.05.004>
- Turkish Statistical Institute. (2017). . Retrieved September 10, 2017, from <http://www.turkstat.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=24788>
- Tukish State Meteorological Service (2010) 2000-2009 Meteorological Data, CD, Trabzon.
- Ünalan, H. (2016). *Analysis of the heating and cooling energy performance at building envelope in terms of orientation, window wall ratio and glass type for office building in Eskisehir climate condidation*. Master dissertation. Anadolu University, Eskişehir, Turkey.
- Yasar, Y., & Kalfa , S.M., (2012). The effects of window alternatives on energy efficiency and uilding economy in high -Rise residential buildings in moderate to humid climate. *Energy conversion and management*, 64, 170-181.
- Yildiz, Y., Özbalta G., T., & Arsan D., Z. (2011). Impact of window-to-wall surface area for different window glass types and wall orientations on building energy performance: A case study for a school building located in Izmir, Turkey. *Megaron*, 6, 30–38.
- Yilmaz, Z. (2007). Evaluation of energy efficient design strategies for different climatic zones: Comparison of thermal performance of buildings in temperate-humid and hot-dry climate. *Energy and Buildings*, 39(3), 306–316. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2006.08.004>
- Yousefi-Sahzabi, A., Unlu-Yucesoy, E., Sasaki, K., Yuosefi, H., Widiatmojo, A., & Sugai, Y. (2017). Turkish challenges for low-carbon society: Current status, government policies



and social acceptance. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 596–608.  
<http://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.090>

## NOMENCLATURE

CLR	: 6 mm clear glass + 12 mm air space + 6 mm clear glass
LECLR3	: 6 mm clear glass + 12 mm air space + 6 mm Low-E glass #3
RFLCLR	: 6 mm reflective glass + 12 mm air space + 6 mm clear glass
BLCLR	: 6 mm blue tinted glass + 12 mm air space + 6 mm clear glass
CLRRFLL3	: 6 mm reflective - Low-E glass #3 glass + 12 mm air space + 6 mm clear



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



## THE TIME OF THE FLY ASH GRINDING EFFECT ON SHORT AND LONG TERM COMPRESSIVE STRENGTH

Demet DEMİR ŞAHİN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Gümüşhane Üniversitesi/ Maden Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane, 29000, Türkiye  
demetdemir2929@hotmail.com

İbrahim ÇAVUŞOĞLU

Gümüşhane Üniversitesi/ Maden Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane, 29000, Türkiye  
cavusogluibrahim @hotmail.com

Ali Osman YILMAZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi/ Maden Mühendisliği Bölümü, Trabzon, 61000, Türkiye  
[aoyilmaz@ktu.edu.tr](mailto:aoyilmaz@ktu.edu.tr)

**ABSTRACT:** In this study, the fly ash was used which was obtained from Afşin Elbistan Thermal Power Plant. The fly ash was mixed with cement at different substitution ratios by weight basis respectively (% 10, % 30 and % 50). The water/binder ratio was accepted to be 0,29 for the obtained all mixtures. According to the these ratio samples were prepared in sizes of 5x5x5 cm<sup>3</sup>. These samples were investigated in different grinding times (0, 30 and 60 min.) on the effect of 7 and 28 compressive strength and weight per unit volume. Also the control sample was prepeared with only cement and water. As a result all samples were compared with the control sample. So that, the fly ash were determined to be suitable as a mineral additive in cement at the most suitable grinding time and the substitution rate.

**Key words:** Fly ash, cement, compressive strength.

## UÇUCU KÜLÜN ÖĞÜTME SÜRESİNİN KISA VE UZUN DÖNEM BASINÇ DAYANIMI ÜZERİNE ETKİSİ

**ÖZET:** Bu çalışmada Afşin Elbistan termik santralinden alınmış uçucu kül kullanılmıştır. Bu kül çimento ile ağırlık esasına göre farklı ikame oranlarında (% 10, % 30 ve % 50) karıştırılmıştır. Elde edilen tüm karışımlar için su/bağlayıcı oranı 0,29 olarak kabul edilmiştir. Bu orana göre 5x5x5 cm<sup>3</sup> boyutunda numuneler hazırlanmıştır. Bu numunelerde farklı öğütme süresinin (0,30 ve 60 dk.) 7 ve 28 günlük birim hacim ağırlık ve basınç dayanım değerleri üzerine etkisi incelenmiştir. Ayrıca sadece çimento ve su ile kontrol numunesi de oluşturulmuştur. Sonuç olarak kontrol numunesi ile diğer tüm numuneler karşılaştırılmıştır. Böylece uçucu külün en uygun öğütme süresi ve ikame oranında çimentoda mineral katkı olarak kullanıma uygunluğu belirlenmiştir.

**Anahtar sözcükler:** uçucu kül, çimento, basınç dayanımı.



## ECOLOGICAL SUSTAINABILITY IN TEXTILE INDUSTRY

Hatice İBİLİ<sup>1</sup>, Bilgen KAPAR<sup>2</sup>, Serap Gamze SERDAR<sup>3</sup>

Gaziantep University, Textile Engineering Department

<sup>1</sup>[haticeibili@gantep.edu.tr](mailto:haticeibili@gantep.edu.tr), <sup>2</sup>[celikturk@gantep.edu.tr](mailto:celikturk@gantep.edu.tr), <sup>3</sup>[sgserdar@gantep.edu.tr](mailto:sgserdar@gantep.edu.tr)

**ABSTRACT:** The concept of sustainability has been described by Brundtland (1987) as "meeting the needs of today's generations with their ability to meet their own needs without incongruity". There have been two major developments in the concept of sustainability: first, its interpretation in terms of three dimensions, which must be in harmony: social, economic and environmental; second, the distinction between 'strong' and 'weak' sustainability. Ecological sustainability is 'a balance that integrates' of i) protection of ecological processes and natural systems at local, regional, state and wider levels, ii) economic development and iii) maintenance of the cultural, economic, physical and social wellbeing of people and communities. When textile sector is considered, problems related to hazardous chemical substances used in this sector, high water consumption and related water pollution, high energy consumption in production processes and related air emissions, transportation/packaging, and waste production are the most important factors in terms of environmental sustainability. For textile sustainability, there are several approaches can be carried out; i) instead of conventional processes; energy, water and time saving alternatives can be used, ii) hazardous chemicals, treatments and dyes can be banned, iii) biopolymers can be used, iv) textile wastes can be recycled and reused and v) garments can be redesigned by reshaping or coloring etc. Another option for textile sustainability is to create products which have more than one life cycle from an environmental standpoint. Textile is one of the greatest industry in the world therefore the environmental effects are also major. From this view the entire textile industry should have been evolved. During this evolution, the industry must be able to survive in the economic perspective. For this reason, it is essential to reduce the costs. So textile industry will also become economically sustainable. Sustainability has to be understood and supported by manufacturers, consumers and governments.

Keywords: Sustainable, textile, recycling

## REFERENCES

- Kuhlman, T., & Farrington, J. (2010). What is sustainability?. *Sustainability*, 2(11), 3436-3448.
- Chen, A. J., Boudreau, M. C., & Watson, R. T. (2008). Information systems and ecological sustainability. *Journal of Systems and Information Technology*, 10(3), 186-201
- Muthu, S. S., Li, Y., Hu, J. Y., & Mok, P. Y. (2012). Quantification of environmental impact and ecological sustainability for textile fibres. *Ecological Indicators*, 13(1), 66-74.
- Eser, B., Çelik, P., Çay, A., & Akgümüş, D. (2016). Tekstil ve konfeksiyon sektöründe sürdürülebilirlik ve geri dönüşüm olanakları. *Journal of Textiles & Engineers/Tekstil ve Mühendis*, 23(101).



Cuc, S., Iordanescu, M., Gîrneata, A., & Irinel, M. (2015). Environmental and socioeconomic sustainability through textile recycling. *Industria Textila*, 66(3), 156.



## ACCOUNTING PRACTICES IN TURKEY'S RENEWABLE ENERGY SECTOR UNDER TFRS

Yrd.Doç.Dr. Murat KARAHAN

Gaziantep Üniversitesi

karahan@gantep.edu.tr

**ABSTRACT:** The need for energy in parallel with the growth of Turkey's GNP is increasing every year. The increase in energy demand also increases investments made in the sector. The inconsistent size of investments in the energy sector, the development in recent years, differs according to the accounting practices in known commercial and manufacturing enterprises. The energy sector, which is based on sources such as natural gas, coal and hydraulics, has been focusing on renewable energies and nuclear energies in recent years, thereby reducing competition and social welfare by reducing external dependency. Especially, it is observed that investments in the field of renewable energy are increasing. The renewable energy sector has an important position in terms of countries because the resources are renewable and cheap and sensitive to the environment. It is important that the investments made in the energy sector in our country are accounted correctly under TFRS. The scope of the study is to explain the accounting practices in the energy sector with examples with the help of tax legislation. In order to ensure that there are no problems in terms of financial legislation during the operating period after the investments made in this context and the receipt of the actuary, the implementation must be done properly. Our work focuses on the recognition of licensing fees, research and development expenses, leased properties and value added expenditures. The fact that the plant responds correctly and timely to the accounting problems that may arise in the following periods after the receipt of the activity, in the operating period, is important in terms of not having any problems in terms of tax legislation. Effective operation of the accounting system in the TFRS light will help to identify costs and avoid tax problems that may arise in the future.

**Key words:** TFRS, Renewable Energy, Energy Accounting, Accounting Applications

## TFRS KAPSAMINDA TÜRKİYE'DEKİ YENİLEBİLİNİR ENERJİ SEKTÖRÜNDE MUHASEBE UYGULAMALARI

**ÖZET:** Türkiye'nin GSMH'ının büyümesi ile paralel enerji ihtiyacı her yıl artmaktadır. Enerji ihtiyacının artması sektörde yapılan yatırımları da artırmaktadır. Enerji sektöründeki yatırımların tutarsal olarak büyülüğu, son yıllarda gelişmesi, bilinen ticari ve üretim işletmelerindeki muhasebe uygulamalarına göre farklılığı ön plana çıkmaktadır. Doğalgaz, kömür ve hidrolik gibi kaynaklara dayalı olan enerji sektörü özellikle son yıllarda yenilenebilir enerji ile nükleer enerjilere yönelikte ve bu şekilde dışa bağımlılığı azaltarak rekabeti ve toplum refahını artırabilmektedir. Özellikle yenilenebilir enerji alanında yatırımların arttığı gözlenmektedir. Yenilenebilir enerji sektörü ülkeler açısından kaynakların yenilenebilir ve ucuz olması ve çevreye duyarlı olması nedeniyle önemli bir konuma sahiptir. Ülkemizde Enerji sektörüne yapılan yatırımların TFRS kapsamında doğru bir şekilde muhasebeleştirilmesi önem arz etmektedir. Çalışmanın kapsamı, vergi mevzuatına uygun olarak enerji sektöründeki muhasebe uygulamalarının örnekler yardımıyla açıklamasını yapmaktadır. Bu kapsamında yapılan yatırımların ve aktife alındıktan



sonra işletme döneminde mali mevzuat açısından sorunlar yaşanmaması için uygulamanın doğru yapılması gerekmektedir. Çalışmamızda özellikle lisans bedellerinin, araştırma ve geliştirme giderlerinin, kiralanan gayrimenkullerin ve değer artırıcı harcamaların muhasebeleştirilmesi üzerinde durulmaktadır. Tesisin aktife alındıktan sonraki süreçlerde yani işletme döneminde ortaya çıkabilecek muhasebe sorunlarına doğru ve zamanında müdahale edilmesi, vergi mevzuatları açısından sorunlar yaşanmaması açısından önemli olmaktadır. TFRS ışığında muhasebe sisteminin etkin işletilmesi, maliyetlerin tespiti ve ileride karşılaşılabilen vergisel sorunlarının önüne geçilmesine yardımcı olacaktır.

**Anahtar Sözcükler:** TFRS, Yenilenebilir Enerji, Enerji Muhasebesi, Muhasebe Uygulamaları

## 1. Giriş

Enerji üretimi ve tüketimi sonucunda çevre kirlenmeye ve bu kirlilik özellikle atmosferin özelliklerini etkileyen sonuçlar doğurabilmektedir. Enerji ve enerji kaynakları insanlar ve ülkelerin varlıklarını sürdürmesi açısından önemli bir ihtiyaçtır. Bu nedenle enerji, ekonomik ve sosyal olarak ülkeler açısından önemli bir güç ve stratejik alana sahiptir. Günümüzde çok sık kullanılan ve yenilenemeyen doğal gaz ve kömür gibi kaynakların kullanılması ülkelere yüksek maliyet yüklemekte ve rekabette dezavantaja neden olmaktadır. Ayrıca yenilenmeyen kaynakların kullanılması günümüzde git gide artan küresel ısınmayı daha fazla etkileyerek ve doğal felaketlerin oluşmasına neden olacaktır.

Enerji fiyatlarındaki artış, iklim değişikliği ve küresel ısınma konularına yönelik duyarlılığın artması, dünyada enerjiye olan talebin artmasına karşın tükenme eğiliminde olan fosil yakıtlara olan bağımlılık günümüzdeki süreçte devam edecek olması, enerji alanındaki teknolojik gelişmelerin talebi karşılayacak ticari alandan uzak olması, ülkeleri enerji güvenliği konusunda endişelendirmektedir. (ETKB). Dünyadaki nüfusun artması, sanayileşmesi ve ülkelerdeki şehirleşme politikası, küreselleşme ile artan ticaret olanakları, enerjinin ve doğal kaynakların talebinin artmasına sebep olmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı (UEA) tarafından yapılan projeksiyonlar, mevcut enerji arzı ve politikalarının devam etmesi, dünya toplam enerji talebinin 2005-2030 yılları arasında %49 artarak 11,4 milyar Ton Petrol Eşdeğerinden (TEP) 17,0 milyar TEP düzeyine ulaşacağını göstermektedir (ETKB). Türkiye'de toplam birincil enerji tüketimi 2007 yılında 107.625 TEP, üretimi 27.453 TEP olarak gerçekleşmiştir. Birincil enerji tüketimimizin yıllık %4,3 artış ile 2020 yılında 220 milyon TEP'e ulaşacağı öngörmektedir. (Dünyada yıllık ortalama artış %2,6'dır.)(ETKB)

Ülkemizde talep artışının karşılanması, gerekli yatırım yapılması ve ekonomideki verimliliğin artırılması için, 2000 yılı sonrasında Türkiye'de enerji sektöründe rekabeti öngören; Doğal Gaz Piyasası Kanunu (2001), Elektrik Piyasası Kanunu (2001), Petrol Piyasası Kanunu (2003), Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun (2005), LPG Piyasası Kanunu (2005), Nükleer Güç Santrallerinin Kurulması ve İşletilmesi ile Enerji Satışına İlişkin Kanun (2007) ve Enerji Verimliliği Kanunu (2007) gibi birçok yeni yapılanmaya gidilmiştir.

Ayrıca Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı enerji konusuna yönelik planladığı, hidrolik kaynak potansiyelinin ve yerli kömürün tamamen, Yenilenebilir kaynaklardan maksimum düzeyde faydalananmak, 2020 yılına kadarki dönemde nükleer enerjiyi elektrik üretim



îçerisine dâhil etmek ve Enerji verimliliğinde AB düzeyine ulaşacak sürekli ve hızlı gelişme sağlayacak gelişmeler hedeflemiştir (ETKB).

Enerji alanında nihai olarak hedeflenen ise etkin enerji politikalarıyla bir yandan enerjiden kaynaklanan olumsuz çevresel etkilerin minimuma indirilmesini ve enerjide dışa bağımlılığın azaltılmasını sağlarken diğer taraftan vatandaşların refahının artırılması ve ülke refahına en yüksek katkının yapılmasını sağlamaktır (T.C Enerji Bakanlığı).

## 2. Enerji Muhasebesi

Yönetim açısından enerji muhasebesi son derece önemlidir. Enerji muhasebesinin uygulanması durumunda işletmeye; Bütçe ve planlanmanın yapılması, tesisin kısa ve uzun vadede enerji kullanım eğiliminin belirlenmesinde, Yatırımların karlılığını hesaplanarak yönetimin enerji tasarrufu için daha fazla kaynak ayırmamasına katkıda bulunması, Enerji kullanımının ve maliyetlerin kontrolü gibi faydalar sağlamaktadır (Dodi, 2010).

**Tablo-1: Enerji Muhasebe Sisteminin Aşamaları**

AŞAMALAR	FAALİYET
Birinci Aşama	Dönemsel raporlama periyodunu, üretim bölgelerinde ve/veya süreçlerinde kullanılan enerjinin türünü, miktarını, elde edilecek üretim miktarını ve özgül enerji tüketimini kapsayacak Enerji tüketimi yüksek ekipmanların tüketimlerinin kolayca ve sürekli takip edilmesini sağlayacak Standard bir format geliştirilmelidir.
İkinci Aşama	Gerekli bilgilerin sağlanması için bir prosedür geliştirilmelidir. Çoğu kez özgül enerjinin belirlenmesi için üretim miktarını ve tüketilen enerjiyi ölçeceğiz cihazlar gerekebilir.
Üçüncü Aşama	İhtiyaç duyulan verilerin toplanması, analiz edilmesi ve raporlanması sorumlu kişilerin belirlenmesi ve yetkilendirilmesi.
Dördüncü Aşama	Elde edilen bilgiler incelenerek raporlama sonuçları değerlendirilmelidir.
Beşinci Aşama	Veri analizlerine bağlı olarak enerji tüketiminin azaltılıp tesisin daha verimli çalışması için harekete geçilmelidir

**Kaynak:** (Dodi, 2010, s.114)

Enerji muhasebesi, enerji tüketimini ve maliyetlerini düzenli bir şekilde takip eden ve kaydeden bir sistem olarak üç ana bölümden oluşur (Capehart, Turner ve Kennedy, 2003, s.25):

Enerji kullanımının izlenmesi: İşletmede faaliyet, süreç, bölüm, fonksiyon ve mekan bazında kullanılan enerji miktarının ölçülmesi ve takip edilmesi.

Kullanılan enerjinin kaydedilmesi: İşletmede faaliyet, süreç, bölüm, fonksiyon ve mekan bazında kullanılan ve ölçülen enerji miktarının parasal olarak ana ve yardımcı hesaplara kaydedilmesi.

Kullanılan enerjinin performansının ölçülmesi: Sorumluluk muhasebesinin önemli bir olgusu olan maliyet merkezlerine enerji akışının izlenmesi; giren enerji üretim faktörünün maliyetinin, edilen çıktıının parasal büyülükleyle karşılaştırılarak performans ölçümünün yapılması, enerji muhasebesinin en önemli bölümünü oluşturmaktadır.

Enerji muhasebesinin işletmelere sağladığı faydalar, aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir (California Energy Commission, 2000, s.1-3):



Enerji kullanımını ve maliyetini kaydederek kişi, birim, bölüm ve maliyet merkezi bazında sorumluluğu raporlama,

Enerji sağlamaya yönelik sermaye yatırımlarının analizi ve değerlendirilmesi,

Piyasa koşullarında enerji girdi maliyetlerinin takibi yapılarak tedarik maliyetlerini kontrol etme,

İşletme bütçelemesinde sağlıklı ve güvenilir bilgi kaynağı olması, Enerji yönetiminin başarısının değerlendirilmesi, Enerji tedarik sağlayıcılarından daha düşük fiyatla enerjiyi satın alma konusunda detaylı bilgi edinilmesi ve fiyatların analiz edilmesine yardımcı olması, İşletmede enerji yönetimini teşvik edici tedbirlerin alınması.

## 2.1. Enerji Muhasebesinin Gerekliliği

Enerji maliyetleri, işletme maliyeti ve toplam üretim maliyeti içerisinde küçük bir paya sahip olarak görülebilir. Ancak parasal olarak, tesisten elde edilen kar ile karşılaşıldığında, enerji harcamalarının önemi daha iyi anlaşılabilir. Enerji Muhasebesi, enerji maliyetlerinin tespit edilerek enerji kullanımında özenli davranışarak kontrol altına alınması ve işletme karlılığının artırılmasında temeli oluşturmaktadır. Enerji Muhasebesi, planlı bir sistem içinde disiplinli bir yönetimle enerji verimliliğinin artırılması ve enerjideki tüketimin ölçümünde dikkatli davranışması ve rapor edilmesi şeklinde de ifade edilebilir. Bu doğrultuda uygulanacak muhasebe sistemi ile kısa veya uzun dönemde enerji maliyetleri ve verimliliğindeki değişim ile bunların nedenleri belirlenebilir. Verimli enerji muhasebesi yönetimi, enerji girdileri hakkında bilgi veren temel kaynak olarak değerlendirilebilir ve yönetimde işletme karının artırılması gibi çalışmalarında en büyük katkıyı sağlar (Karslı, Güllüce ve Sarac, 2011, s.3; Kırlı, M., ve Kulu, T., 2016, s. 4896).

Türkiye'nin GSİMH'nin büyümesi ile paralel enerji ihtiyacı her yıl artmaktadır. Enerji ihtiyacının artması sektörde yapılan yatırımları da artırmaktadır. Enerji sektöründeki yatırımların tutarsal olarak büyülüğu, son yıllarda gelişmesi, bilinen ticari ve üretim işletmelerindeki muhasebe uygulamalarına göre farklılığı ön plana çekmektedir. Doğalgaz, kömür ve hidrolik gibi kaynaklara dayalı olan enerji sektörü özellikle son yıllarda yenilenebilir enerji ile nükleer enerjlere yönelikte ve bu şekilde dışa bağımlılığı azaltarak rekabeti ve toplum refahını artırabilmektedir. Özellikle rüzgâr, güneş ve yeraltı ve yerüstü su kaynakları gibi varlıklar olarak ifade edilen yenilenebilir enerji alanında yatırımların arttığı gözlenmektedir. Yenilenebilir enerji sektörü ülkeler açısından kaynakların yenilenebilir ve ucuz olması ve çevreye duyarlı olması nedeniyle önemli bir konuma sahiptir (Dodi, 2010). Yenilenebilir enerjide kaynakların tükenme sınırının olmayacağı ve kaynağının doğadan olması önemli olmaktadır. Bu tür kaynakların ucuz olması ülkeleri cezbedmeyecektir ve enerji politikalarını buna göre belirlemeye yöneltmektedir.

Yenilenebilir enerji santralinin kurulması için katlanılacak en önemli maliyet unsurlarından biri araştırma ve geliştirme (AR-GE) maliyetleridir. Bu durum enerjinin önemli bir unsur olması ve küresel rekabette öncelik oluşturması nedeniyle doğal olarak karşılanmaktadır. Cansın ve Softaoğlu (2009) yenilenebilir enerji sektöründeki AR-GE harcamalarının toplam payı içerisinde son otuz yılda artış gözlenirken, fosil enerji kaynaklarına yönelik AR-GE harcamalarının toplam payında ise bir azalış olduğunu tespit ederek AR-GE harcamalarının önemli bir konuma sahip olduğunu belirtmiştir.

AR-GE maliyetlerinin aktifleştirilip aktifleştirilmeyeceği konusu ile ilgili açıklamalar TMS 38 Maddi Olmayan Duran Varlıklarda ele alınmıştır. Araştırma ve geliştirme kavramları TMS 38'de şu şekilde tanımlanmıştır. Geliştirme; ticari üretim ya da kullanıma başlamadan önce, yeni veya önemli ölçüde geliştirilmiş ürün, aygit, sistem, süreç, malzeme ya da hizmetlerin üretim planı veya tasarımda araştırma sonuçları ya da diğer bilgilerin



uygulanması şeklinde tanımlanmaktadır. Araştırma ise; yeni bir bilimsel ya da teknik bir bilgi ve anlayış kazanma amacıyla üstlenilen özgün ve planlı inceleme olarak tanımlanmaktadır. TMS 38'de araştırma ve geliştirme giderlerinin birbirlerinden ayırtılabilir olması durumunda araştırma giderlerinin aktifleştirilmemesi, buna karşın geliştirme giderlerinin ise aktifleştirilmesi gereği belirtilmiştir. Buna gerekçe olarak, araştırma giderlerinin yeni bir bilgi edinilmesi, daha önceki bilgi ve bulguların başka bir ürün ya da hizmet üretimi için değerlemesi, üretim sistem ve araçlarının alternatiflerinin araştırılması, yeni alet, edevat, ürün, süreç, sistem ve hizmetlerin değerlendirilmesi gibi faaliyetleri kapsaması ve bu nedenle de sonuçların henüz belirsiz olması gösterilmektedir (Örten, Kaval ve Karapınar, 2010). Geliştirme giderlerinde ise sonuç belirlenmiş, artık bu bilginin nasıl kullanılacağı üzerinde veya bir proje adaptasyonunda çalışılmıştır (Kaval, 2008). Eğer bir projede geliştirme faaliyetleri ile araştırma faaliyetleri birbirinden ayırtılamıyorsa, araştırma gideri yapılmış sayılır ve aktifleştirilemez (Kaval, 2008). Başka bir ifade ile sonuçları belirsiz olan bir faaliyetin aktifleştirilmesi amortisman süresi sorununa neden olacaktır.

Bir diğer farklılık ise enerji kaynaklarına yapılacak yatırımlarda elde edilecek finansman kaynakları ile ilgili olarak ortaya çıkan faiz ve diğer maliyetlerin aktifleştirilip aktifleştirilmeyeceği konusudur. TMS 23 Borçlanma Maliyetleri'ne göre; bir varlık özellikli varlık, diğer bir ifade ile istediği şekilde kullanımına veya satışa hazır hale gelmesi önemli bir süre alan varlık ise borçlanma maliyetleri aktifleştirilir. Bu nedenle enerji santralinin çalışma konusunu oluşturan kuruluş aşamasındaki borçlanma maliyetleri, santralin özellikli bir varlık olması nedeniyle aktifleştirilmelidir. Ancak enerji santralindeki rüzgâr türbinleri gibi, hazır olarak alınan ve bu alım için finansman gideri söz konusu olan, varlıklarda harcama tutarından finansman maliyeti arındırılarak, ilgili tutarın finansman gideri olarak kayıt altına alınması gerekmektedir.

## 2.2. Vergi Mevzuatları ve TMS Kapsamında Muhasebe Uygulamaları

Türkiye Finansal Raporlama Standartlarına göre hesaplanan muhasebe kârı (ticari kâr) ile vergi mevzuatına göre hesaplanan vergiye tabi kârı (mali kâr) farklılaşmasıdır. Bu farklılık, geçici ve sürekli farklılık olarak ikiye ayrılmaktadır. Gelecek dönemlerde kendiliğinden ortadan kalkacak farklara geçici farklar, kapsam farklılığı sonucu oluşan ve ortadan kalkmayacak farklara ise sürekli farklar denilebilir. Geçici farkların yasal vergi orANIyla çarpılması sonucu bulunan tutara ise ertelenmiş vergi denir. İndirilebilir geçici farklar ise farklılığı yaratan unsurların hem gelir tablosu hem de bilanço yaklaşımından hareketle araştırılması gereken ve işletmede muhasebe değeri vergi değerinden düşük varlıklar ve defter değeri vergi değerinden büyük borçların bulunması durumunda ortaya çıkan farklardır.

Bir örnek üzerinden konuyu açıklarsak, işletmenin enerji kaynaklarına yapmış olduğu yatırımin değeri 100.000 TL, yararlı ömrü 10 yıl ancak Maliye Bakanlığına göre ise 20 yıl olarak belirlenmiştir. Bu doğrultuda TFRS'ye göre amortisman gideri 10.000 TL, vergi mevzuatına göre ise 5.000 TL olarak belirlenecektir. İşletmenin amortisman ve vergi öncesi kâri 50.000 ve vergi oranının %20 olduğu varsayımlı altında aşağıdaki tablodaki gibi hesaplama yapılmaktadır:

	TFRS'ye göre	Vergi Mevzuatına göre
Amortisman ve vergi öncesi kâr	50.000 TL	50.000 TL
Vergi öncesi kâr	40.000 TL	45.000 TL



Vergi (%20)	(8.000 TL)	(9.000 TL)
Vergi sonrası kar	32.000 TL	36.000 TL

TFRS ve vergi mevzuatına göre hesaplanan amortisman tutarları arasındaki farkın vergi oranı ile çarpılmasıyla Ertelenmiş vergi varlığı tutarı bulunur. Bu durumda:  
 $(10.000 - 5.000) * 0,20 = 1.000 \text{ TL}$  şeklinde kayıt altına alınacaktır.

x	Ertelenmiş Vergi Varlığı Dönem Karı Vergi ve Diğ. Yas. Yük. Karş.  Ertelenmiş vergi varlığı tutarı	1.000	1.000
---	---	-------	-------

, muhasebe defterlerine kaydedilen tutarlardan daha yüksek gider rakamının vergi matrahından düşülmüşe izin verilmesi ya da muhasebe defterlerine kaydedilen tutarlardan daha düşük gelir rakamının vergi matrahina ilave edilmesi durumlarında ortaya çıkmak faka vergilendirilebilir geçici fark denir.

İşletmenin enerji kaynaklarına yapmış olduğu 1.000 TL'lik geliştirme faaliyeti aktifleştirilmiş ve %20 amortismana tabi tutulmuştur. Vergi mevzuatı gereği bu tutar gider olarak kayıtlara alınmıştır. TFRS'ye göre 800 TL (1.000-200) olan tutar vergi değeri 0 (1.000-1.000) olacaktır. Bu durumda muhasebe değeri ile vergi değeri arasında oluşacak olan fark vergilendirilebilir geçici fark olacaktır ve 800 TL (800-0) tutarındadır. Bu tutar kayıtlara şu şekilde alınacaktır:

$$(1.000-200)*0,20=160 \text{ TL}$$

x	Dönem Karı Vergi ve Diğ. Yas. Yük. Karş. Ertelenmiş Vergi Yükümlülüğü  Ertelenmiş vergi borcu	160	160
---	--	-----	-----

**Örnek 3:** X Şirketi 5 milyon TL maliyetle enerji santralini kurmayı düşündüğü arsanın fonunu banka kredisi aracılığıyla elde etmiştir. Bu fon karşılığında bankaya 300.000 TL faiz ödemesi yapmıştır. Şirket ödenen tutarları TFRS'ye göre şu şekilde kayıt altına almaktadır:

x	Arsa ve Arazi Kasa	5.000.000	5.000.000
y	Arsa ve arazi alımı Finasman Gideri Banka Kredileri	300.000	300.000
z	Faiz ödemesi Arsa ve Arazi Finasman Gideri Yansıtma	300.000	300.000
	Finansman giderinin aktifleştirilmesi		



### 3. Sonuç

Enerji yönetimi, işletmelerde enerjinin tedarikinden, kullanımına ve kullanım sonrası elde edilen çıktıya kadar enerjinin izlenmesini, analiz edilmesini ve değerlendirilmesini gerekli kılar. İşletmeler, enerji yönetimi uygulamalarının gerçekleşmesinde en büyük yardımcı, enerji yönetiminin ayrılamaz bir bileşeni olarak Enerji muhasebesinden alır. Enerji muhasebesi olmaksızın, enerji yönetiminden beklenen enerji tasarrufu, enerji maliyetlerinin düşürülmesi ve verimlilik artışı gibi sonuçların elde edilmesi mümkün değildir. Enerji yönetiminin en güçlü silahı olarak Enerji muhasebesi, enerji ile ilgili tüm verileri miktar ve parasal olarak izleyip, ölçen ve kaydeden bir bilgi sistemidir. Enerji muhasebesi, planlanan ve gerçekleşen sonuçların karşılaştırılıp gerekli analizlerin yapılarak sapmaların belirlenmesinde, bunların raporlanmasında ve gerekli tedbirlerin alınıp; yeni politikaların üretilmesinde önemli bir alt bilgi sistemi olarak enerji yönetiminin başarısında en büyük katkıyı sağlamaktadır.

Herhangi bir AR&GE harcamasının olup olmadığı ve ne kadarlık kısmının aktife alınıp alınmaması gerektiği,

AR&GE harcamalarının itfa süresi ve yönteminin ne olduğu,

Lisans belgesinin itfa süresi ve yönteminin ne olduğu,

Yapılan yatırımlarda maddi varlıkların ne zaman aktife alınacağı,

Borçlanma maliyetlerinin aktife alınıp alınmayacağı,

Amortisman süresi, yöntemi ve hesaplanması nasıl olacağı,

Ele alınan konular çerçevesinde yapılan çalışmada; TFRS ve Vergi mevzuatı hükümleri arasında bazı farklılıkların olduğu, bu farklılıkların sonucu olarak da ticari kar ile vergi karının uyumlu hale getirilmesi gereği ve bu uyumlaştırmanın da nasıl yapılacağı ortaya konulmaya çalışılmıştır.

### KAYNAKÇA

California Energy Commission (2000). ENERGY ACCOUNTING: A Key Tool in Managing Energy Costs. California/U.S.A. : California Energy Commission Energy Efficiency Division.

Cansın, Yusuf ve Softaoğlu, N. Hülagü(2009). “OECD/IEA ülkelerinin ar-ge harcamalarındaki eğilimler kapsamında yenilenebilir enerji teknolojilerindeki gelişmelerin incelenmesi”. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu V. (Haziran, 2009) Diyarbakır'da sunulan bildiri. s.29-36.

Capehart, B. L., Turner, W. C. & Kennedy, W. J. (2003). Guide to Energy Management (Fourth Edition). Georgia/U.S.A: The Fairmont Press, Inc.

Dodi, Kadir (2010). “Türkiye’de yenilenebilir enerji”. [https://www.muhasebenet.net/makale\\_kadir%20dodi%20smmm\\_%20turkiye%20de%20yenilenebilir%20enerji%20kaynakları%20kullanımı%20ve%20muhasebesi.pdf](https://www.muhasebenet.net/makale_kadir%20dodi%20smmm_%20turkiye%20de%20yenilenebilir%20enerji%20kaynakları%20kullanımı%20ve%20muhasebesi.pdf) [erişim tarihi: 15 Ekim 2017]

ETKB, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

Karslı, S., Güllüce, H. ve Sarac, H. (2011). Isıtma ve Soğutma Sistemlerinde Enerji Maliyetlerinin Karşılaştırılması, Sözel Bildiri, Ulusal İklimlendirme Kongresi, Antalya.

Kaval, Hasan (2008). Uluslararası Finansal Raporlama Standartları (IFRS/IAS) uygulama örnekleri ile muhasebe denetimi. 3. baskı. Ankara: Gazi Kitabevi.

Kırlı, M., & Kulu, T. (2016). Enerji Yönetimi ve Enerji Muhasebesi. Journal of Human Sciences, 13(3), 4891-4905.



TFRS, Türkiye Finansal Raporlama Standartları

Örten, Remzi, Kaval, Hasan ve Karapınar, Aydin (2010). Türkiye Muhasebe-Finansal Raporlama Standartları uygulama ve yorumları. 4. baskı. Ankara: Gazi Kitabevi.



## DESIGN OF MULTIBAND ANTENNAS LOADED WITH ARRAYS OF CSRR AND CIRCULAR HEAD DUMBBELL STRUCTURE

Amer Hasan AL-Shathr<sup>1</sup>, Gölge Öğücü Yetkin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University of Gaziantep, Electrical-Electronics Eng. Dept., Gaziantep, Turkey

[amirshather@gmail.com](mailto:amirshather@gmail.com), [ogucu@gantep.edu.tr](mailto:ogucu@gantep.edu.tr)

**ABSTRACT:** This research focus on two aims, the first one is design a multi-band rectangular Microstrip Patch Antenna with spacious bandwidth by using Complementary Split Ring Resonator (CSRR) beside the Rectangular Ruler Patches (RRPs) and the second is improvement the performance and bandwidth for WiMAX and GPS applications by using Circular Head Dumbbell Structure CHDS beside Circular Ring Patches CRPs. A patch antenna is designed and simulated for 4.66 and 5.61 GHz. Two substrates of FR-4 lossy are utilized with 4.3 dielectric constant, 1.4mm and 0.2mm thickness. The shape used for conventional patch antenna is rectangular with a central feed source. For metamaterial antenna CSRR and CHDS are used. RRPs and CRPs that are used with metamaterial behave like Reactive Impedance surface RIS. The conventional antenna operates at a frequency band of 4.66 GHz and 5.61 GHz, while the designed antenna with CSRR generates four wide band resonant modes at 4.36, 4.7, 5.6 and 5.9 GHz, therefore considered as a multi-use antenna. CHDS appears fixed behavior with all RIS used to confirm its importance in WiMAX and GPS applications. Computer Simulation Technology CST EM simulator is used for this survey.

**Keywords:** CSRR, RRPs, CHDS, CRPs, CST.

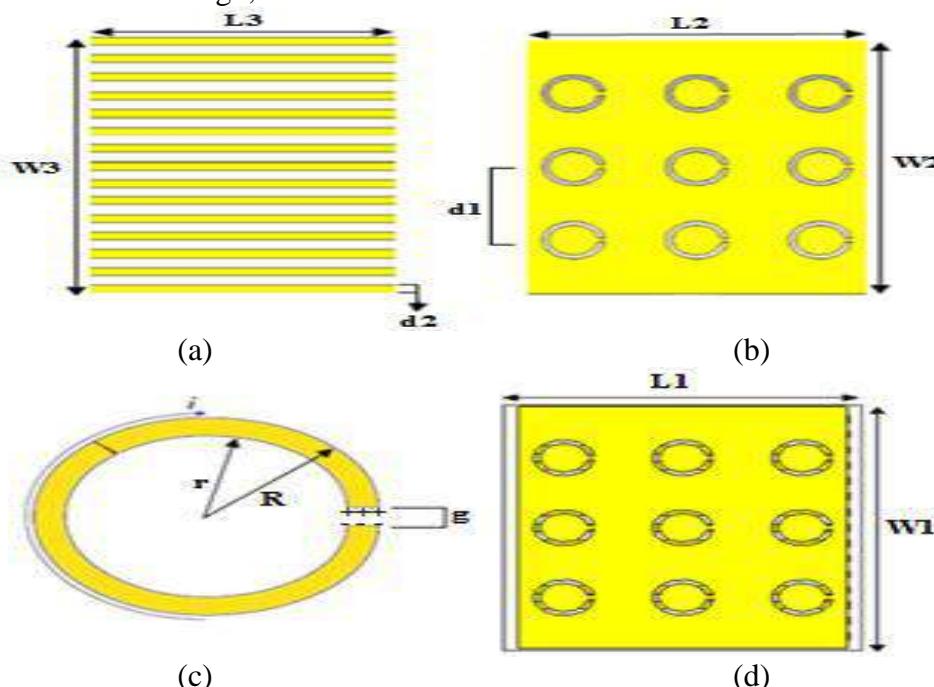
## INTRODUCTION

It has become known in wireless communications that microstrip patch antenna has the priority in many usages because of the unique features such simple in manufacturing, tiny size, lower cost than others, light weight, has the ability to integrate with integrated microwave circuits [1]. The first microstrip patch antenna was formed as early as 1970 [2]. The first proposal to design microstrip antenna was by Deschamps in 1953, where gained considerable attention later [3]. There are certain techniques used to feed the microstrip patch antenna [4], like microstrip line feed, probe feed, proximity feed, and aperture feed. The focus on the use of metamaterial in recent time has had a clear effect in improving the microstrip antenna function [2-3]. CSRR is a type of metamaterial that has a negative dielectric constant  $\epsilon$  [5], also became very diffuse issue in order to realize a multi-band microstrip antenna [6]-[7]. Speedy development of the wireless communications has made multi-band frequency a necessity for many applications and functions. In addition, the equipment that has this capacity can perform multiple functions at the same time, which may include data transmit, video, audio, radio and so on [8]. In a multi-band antenna, each part operates in a certain range and its gain is below average. The antenna that has circular polarization allows the transmission of steady data without relying on the guidance of the transmitter or receiver, so it is extremely appropriate for communicable equipment and mobile devices. When there are two vertical patterns excited on the antenna in order to output circular polarization which is required for GPS, the broad E-plane patterns are also orthogonally guided in space, supplying broad covering in both main planes. That produces almost a hemispherical pattern, which is perfect for use in GPS, where multiple satellites are in demand to accuracy locate the site [9]. For the purpose of realizing WiMAX and

WLAN applications there have been a number of designs that suggest the operation of antenna with dual or multi-band characteristics. Operating frequencies of WLAN are (2.4-2.484) GHz, (5.15-5.35) GHz and (5.725-5.825) GHz and WiMAX (2.5-2.69) GHz, (3.4-3.69) GHz and (5.25-5.85) GHz [10-11]. There are many proposals, techniques, and structures adopted to obtain a dual-band or multi-band antenna for WiMAX and WLAN applications such as the ring patch antenna [12-13], the monopole antennas [14], the slot antennas [15]. In this survey array of CSRR and CHDS with RRPs and CRPs as RIS were used in order to achieve multi-band antenna with circular polarization through excitation of two perpendicular polarization modes together at the same time with a 90 ° phase difference depending on [9]. At the end there will also be a study of CHDS behavior and its importance for WiMAX and GPS applications depending on dB.

## CONFIGURATION AND DESIGNING PRINCIPLES

The geometrical design of conventional antenna with array 3x3 of CSRR and array of 15x1 RRPs will be shown in Fig1, where



**Fig.1. Structural Parts of Multi-Band Antenna: (a) RRPS, (b) CSRR, (c) Single Circular Ring of CSRR, (d) Integrated Antenna.**

For CSRR the average loop length is:

$$L = 2\pi \times ((r + R)/2) - g$$

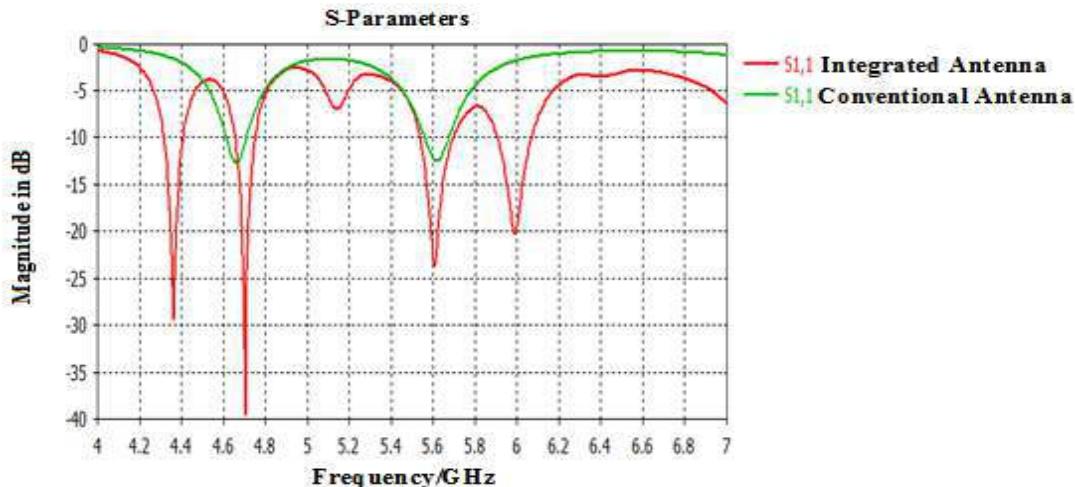
Frequency calculates by:

$$f = (C/(2L\sqrt{\epsilon})) \text{ Hz}$$

Resonant frequency:

$$f_0 = (1/(2\pi\sqrt{LC})) \text{ Hz}$$

Where L&C represent the inductance and capacitance

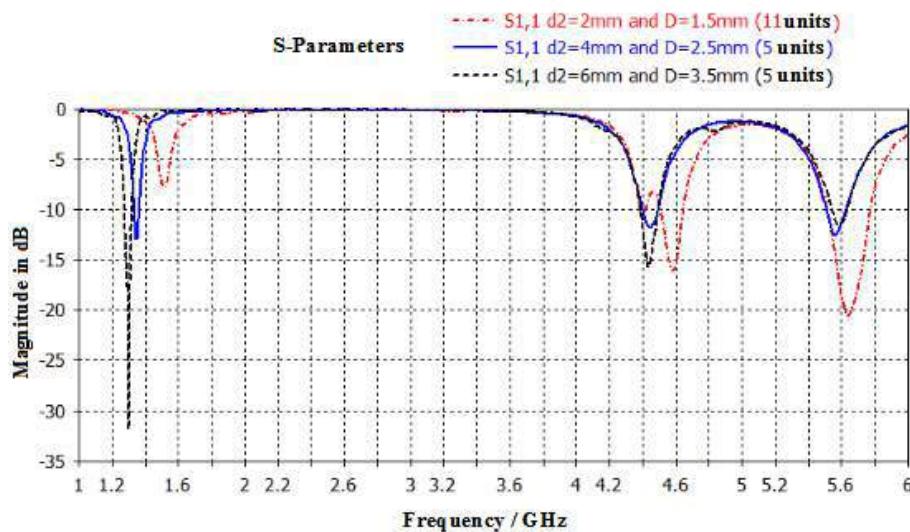


**Fig.2. Comparison of Conventional and Multi-Band Antennas.**

The effect of RRP and CSRR metamaterial was positive, the simulation results show that the integrated antenna generated four bands with high return losses, So that gives the antenna a multi-band characteristics compared with dual-band conventional which has poor return loss. Also note that the frequency shift is very little, so that means the coupling between the complementary split rings is very high.

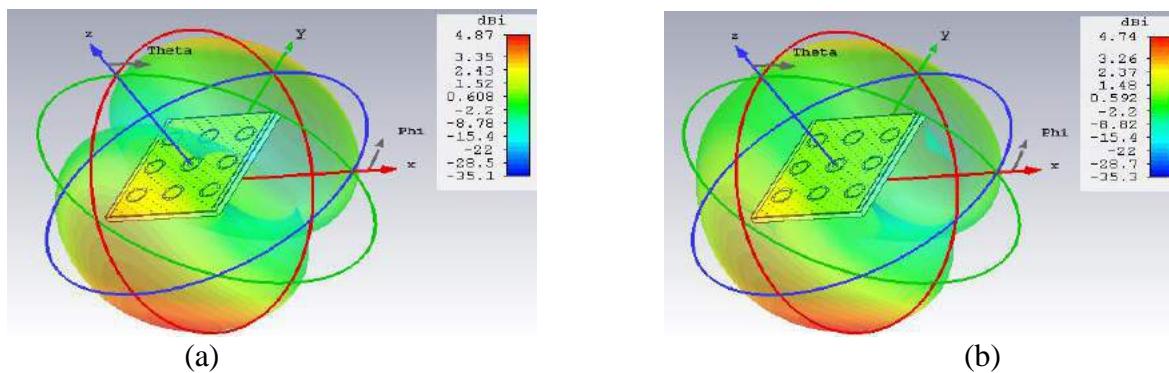
**Table1. Dimensions and Parameters of Quad-Band Antenna.**

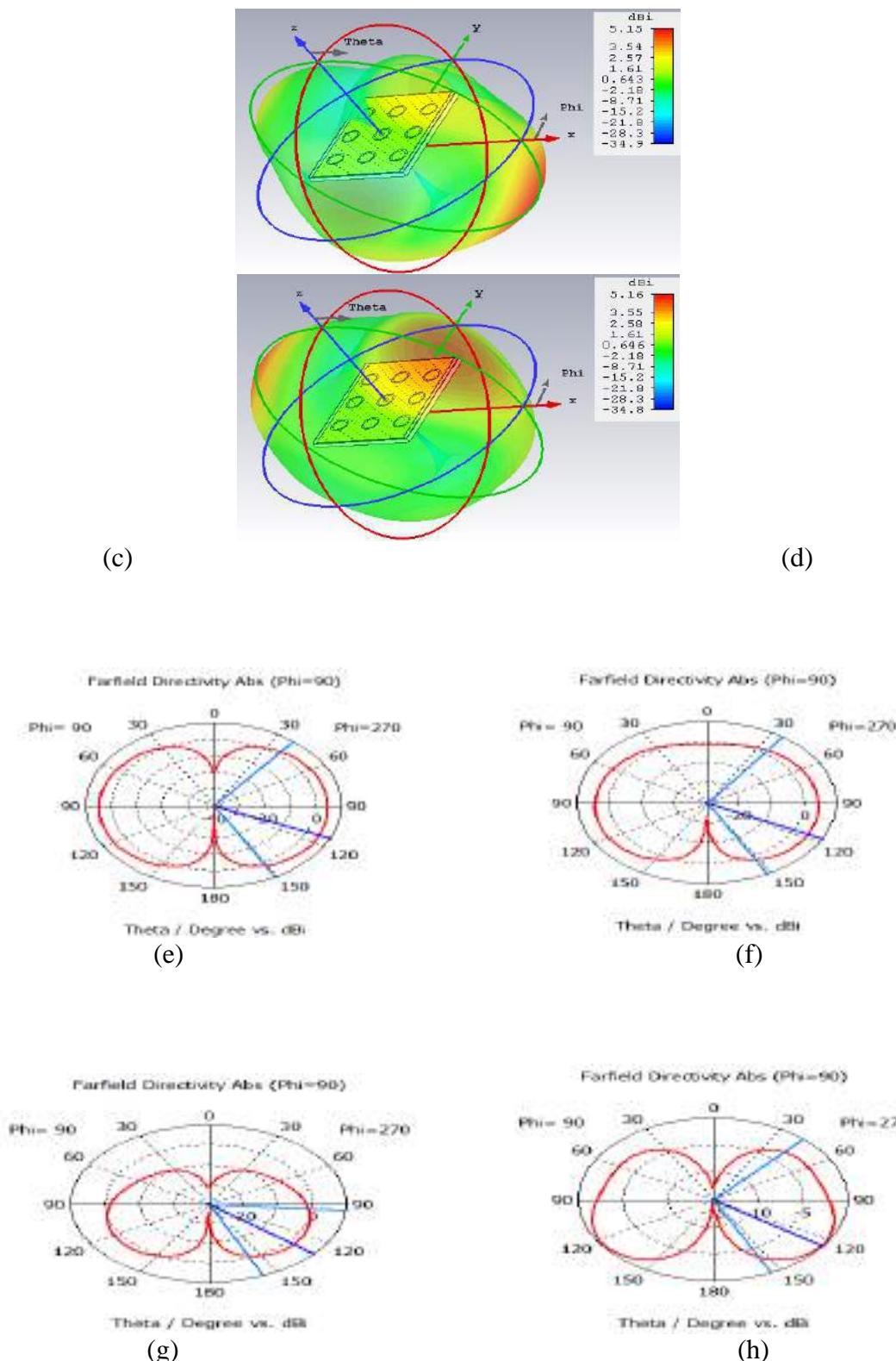
feeder	coaxial feed
Material of Substrate	FR-4 (Lossy)
Material of Patch	Copper (pure)
Material of RRP	Copper (pure)
Effective dielectric constant	4.3
L1	27 mm
W1	31.7 mm
L2	24.8 mm
W2	31.2 mm
distance between rings d1	9mm
d2	1mm
g	0.5mm
R	2.3mm
r	1.85mm
L3	25mm
W3	29mm
substrate thickness	1.4 mm and 0.2 mm
patch thickness	0.02 mm
RRPs thickness	0.017mm
ground thickness t	0.017 mm



**Fig.3. Return Loss at Variable Width d2, Variable Distance between Units D and Variable Number of Units.**

Figure 3 Shows that by increasing the width and distance between RRP<sub>s</sub>, the return loss of WiMAX band will decrease and return loss of GPS band increase, that almost depend on the orthogonal patterns [9]. Increase the width and distance between RRP<sub>s</sub> effected on the coupling values between complementary split rings which led to shift the resonant frequencies. So, the purity of vertical polarization created by the excited metamaterial and RRP<sub>s</sub> will be affected. Although the possibility of use in the GPS applications, but that leads to several disadvantages including the weakening of WiMAX functions and other operating bands, also reduce the efficiency.





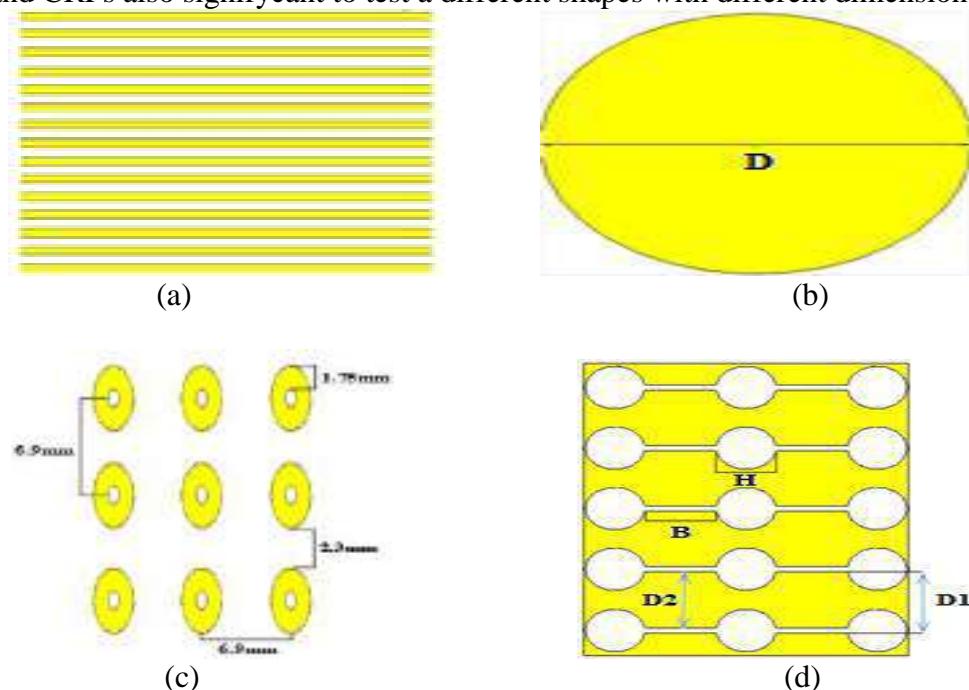
**Fig.4. Radiation Pattern (RP) and Polar Plot (PP) of Multi-Band Antenna (a) RP at 4.36 GHz (b) RP at 4.7 GHz (c) RP at 5.6 GHz (d) RP at 5.99 GHz (e) PP at 4.36 GHz (f) PP at 4.7 GHz (g) PP at 5.6 GHz (h) PP at 5.99 GHz.**

## SIMULATION AND RESULTS

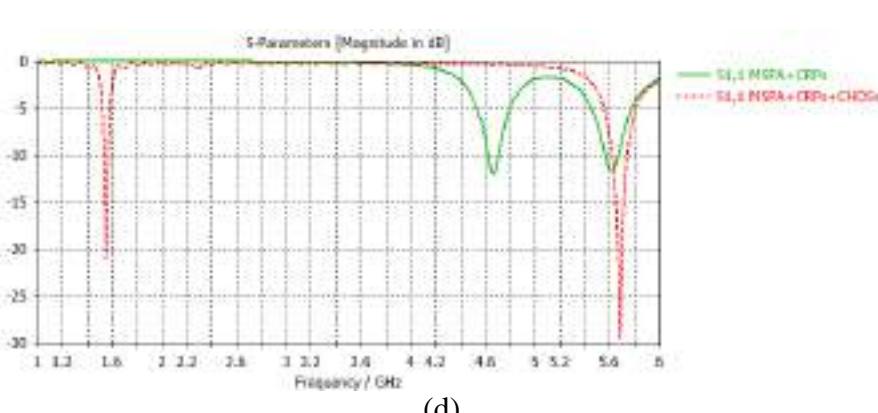
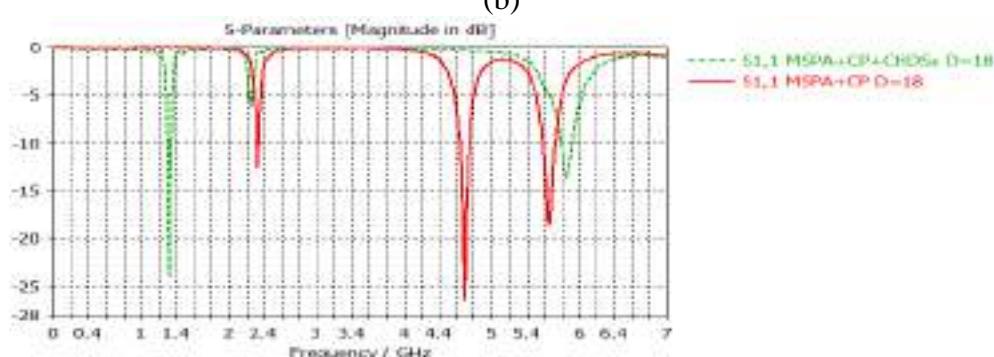
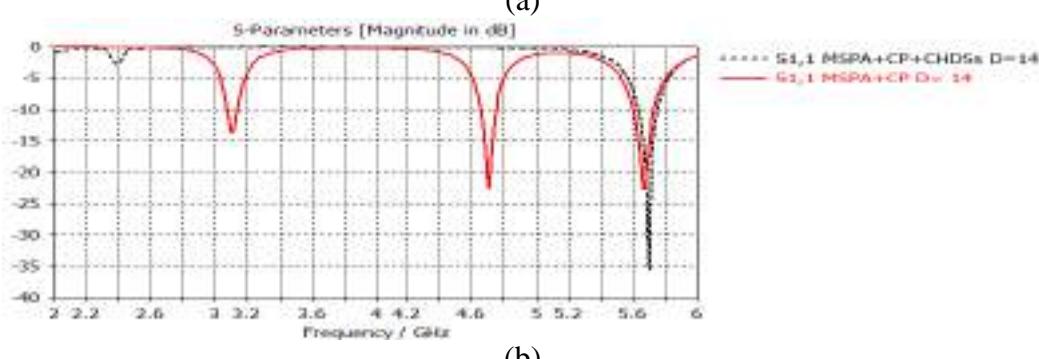
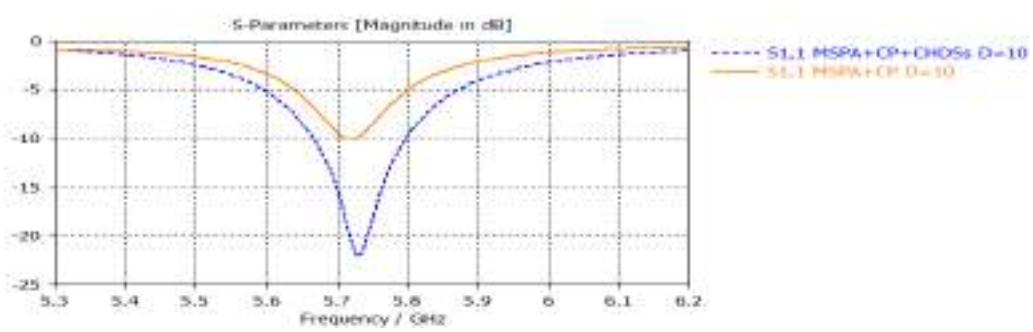
Figure 2 shows the return loss simulation of multi-band antenna compared with conventional. The use of RRP and CSRs metamaterial give better results by increasing the number of bandwidth and enhancing the return loss. New antenna operates at (4.36 GHz, 4.7 GHz, 5.6 GHz and 5.99 GHz) with return loss (-29.4dB, -39.4dB, -23.6dB and -20dB) respectively. The operating bands of antenna are 91 MHz at 4.36 GHz, 95 MHz at 4.7 GHz, 158 MHz at 5.6 GHz and 162 MHz at 5.99 GHz. Compared with conventional which operates at 4.66 GHz and 5.616 GHz with return loss -12.7dB, -12.5dB only and 95, 114 MHz bandwidth. 3D radiation pattern and polar plot for quad-band antenna were simulated. The simulating results appear in figure 4, where (a), (b), (c), (d) refer to radiation pattern and (e), (f), (g), (h) refer to polar plot. The directivity of antenna is 4.87 dBi, 4.74 dBi, 5.15 dBi and 5.16 dBi at 4.36 GHz, 4.7 GHz, 5.6 GHz and 5.99 GHz respectively, The beam main lobe direction is 6 degree with beam width 112.7 degree at 4.36 GHz, 3 degree with beam width 116.5 degree at 4.7 GHz, 10 degree with beam width 62 degree at 5.6 GHz and 5 degree with beam width 112.8 degree at 5.99 GHz.

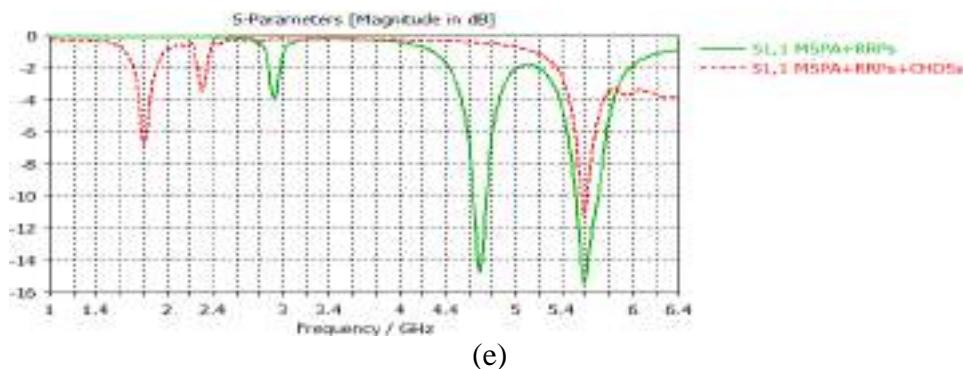
## STUDY THE BEHAVIOR OF CHDSs ON SEVERAL TYPE OF RIS

Observed through the simulation results that insertion of Circular Patch CP, RRP or CRPs with CHDSs shows a dominant and consistent behavior of metamaterial on antenna. Analysis of this behavior would require many tests with several Reactive Impedance Surface RIS that operate at different frequencies. However, the use of CP with CHDSs was very important to understand that behaviour because changing the diameter of CP in each case was given a new frequency with the conventional antenna, On the other hand use of RRP and CRPs also significant to test a different shapes with different dimensions.



**Fig.5.** Shows the Shapes of RIS used with CHDS which are (a) Rectangular Ruler Patches, (b) Copper Circular Patch with Various Radius, (c) Circular Ring Patches, (d) Circular Head Dumbbel Structure with Dimensions of  $D_1 = 6.5\text{mm}$ ,  $D_2 = 6.0\text{mm}$ ,  $B = 5.43\text{mm}$ ,  $H = 4.57\text{mm}$ , Redius=2.3mm.





**Fig.6.** Shows Comparison between the use of RIS alone with the Conventional Antenna and the Effect of CHDS Behavior when added with. (a) CP at Diameter of 10mm, (b) CP at Diameter of 14mm, (c) CP at Diameter of 18mm, (d) CRPs, (e) RRP.

**Table2. Characteristics of RIS Effect on Conventional Antenna.**

Parameter	RRPs antenna at 4.68 GHz	CRPs antenna at 4.66 GHz	CP antenna at 4.69 GHz D=16mm
Return loss dB	-14.7	-12	-33
Bandwidth MHz	109	89	106
Directivity dBi	5.21	5.16	5.31
Parameter	RRPs antenna at 5.58 GHz	CRPs antenna at 5.61 GHz	CP antenna at 5.65 GHz D=16mm
Return loss dB	-15.4	-11.7	-19.7
Bandwidth MHz	192	103	135
Directivity dBi	5.45	5.34	5.26
Parameter	RRPs antenna at 2.65 GHz	CRPs antenna at 2.65 GHz	CP antenna at 2.65 GHz D=16mm
Return loss dB	-	-	-25.9
Bandwidth MHz	-	-	57
Directivity dBi	-	-	2.23

From figure 6 and table 2, the behavior of the CHDS array was concluded. The study depends on the return loss of all RIS elements where observed that behavior of CHDS was consistent with all elements.

### CHDS WITH CP

#### 1. CP diameter=10mm



As previously mentioned that the return loss of conventional antenna is -12.2dB at 4.66 GHz and -12.1dB at 5.61 GHz. Return loss of CP at D=10mm without CHDS is less than conventional just -10.1dB at 5.7 GHz. Adding CHDS increased the return loss to -22dB, also enhanced the bandwidth from 12MHz to 132MHz.

### **2. CP diameter =14mm**

Return loss of CP at D=14mm without CHDS is higher than conventional and has three bands, -22.8dB at 5.66 GHz, -22.6dB at 4.7 GHz and -13.8dB at 3.1GHz with good bandwidth of 132MHz, 95MHz and 62MHz respectively. Adding CHDS removed the band of 4.7 GHz and 3.1 GHz with raise in return loss of 5.6 GHz to -35.5dB and reducing the bandwidth.

### **3. CP diameter=18mm**

Return loss of CP at D=18mm without CHDS has three bands, -18.46dB at 5.65 GHz, -26.5dB at 4.68 GHz and -12.5dB at 2.3 GHz with good bandwidth of 135 MHz, 110 MHz and 32 MHz respectively. Adding CHDS removed the band of 4.68 GHz with decrease in return loss of 5.6 GHz to -13.6dB and shift the band of 2.3 GHz to 1.3 GHz with high return loss of -24dB and 37 MHz bandwidth.

### **CHDS WITH CRPs**

Return loss of CRPs without CHDS is less than conventional of -12dB at 4.66 GHz and -11.7dB at 5.61 GHz with less bandwidth of 89MHz and 103MHz respectively. Adding CHDS improved the return loss and bandwidth to -28.2dB and 123MHz at 5.6 GHz and shifted the band of 4.66 GHz to 1.55 GHz with increase in return loss of -18.8 dB.

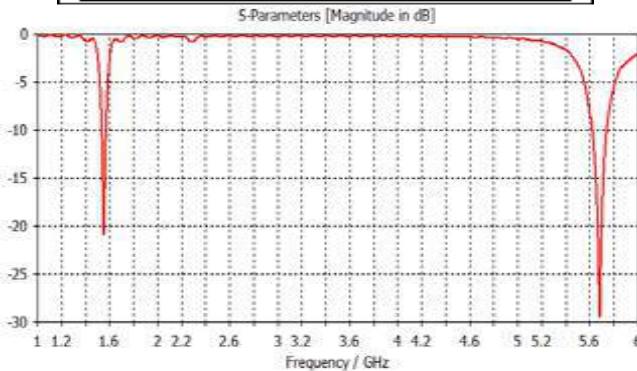
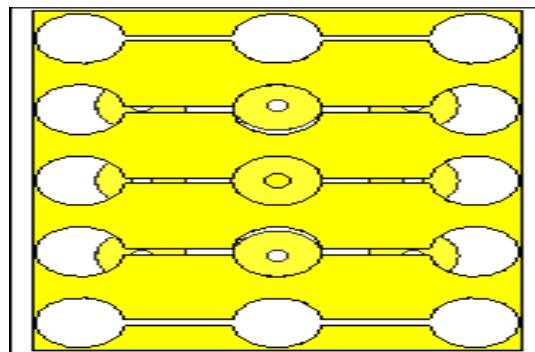
### **CHDS WITH RRP**s

Return loss of RRP without CHDS is -14.7dB at 4.68 GHz and -15.4dB at 5.58 GHz with bandwidth of 109MHz and 192MHz respectively. Adding CHDS reduced the return loss and bandwidth to -11.16dB and 52MHz at 5.58 GHz and removed the band of 4.68 GHz.

Conclude from that, CHDS metamaterial deals with RIS elements according to their effect on the conventional antenna as following, If the return loss of the RIS is less than -10, but has a negative impact on the conventional antenna by reducing its return loss, the CHDS will increase the return loss and bandwidth of WiMAX frequencies which between (5.25-5.85) GHz [12-13] and shifts 4, 3, 2 GHz frequencies band to the GPS band. If the return loss of the RIS is between (-10dB to -20dB) and has higher return loss than conventional, the CHDS will reduce the return loss and bandwidth of WiMAX frequencies that between (5.25-5.85) GHz and removes 4, 3, 2 GHz frequencies band. If the return loss of the RIS is less than -20 and higher than conventional, the CHDS will increase the return loss and decreases bandwidth of WiMAX frequencies which between (5.25-5.85) GHz and removes 4, 3, 2 GHz frequencies band.

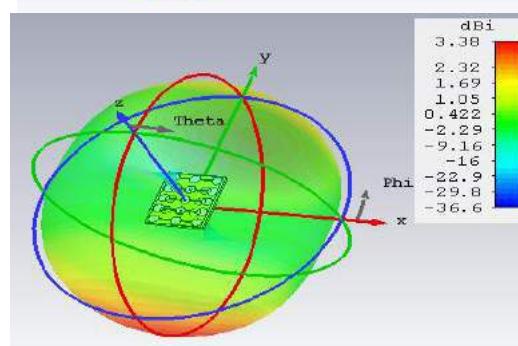
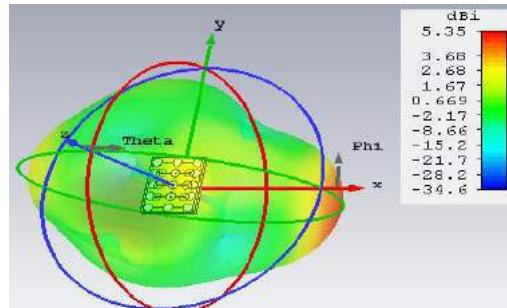
## **CONCLUSION**

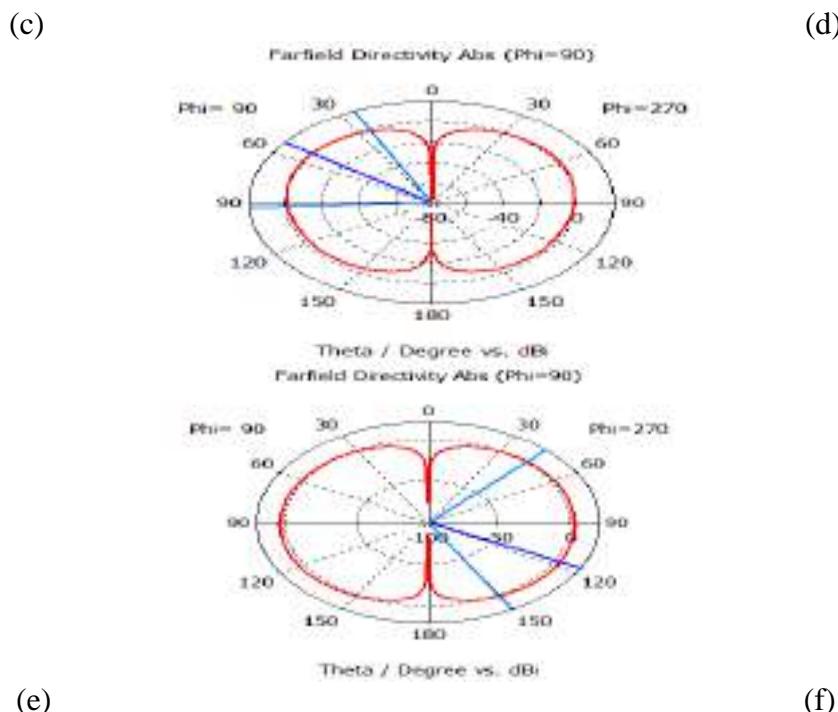
Two types of metamaterial were used, both have generated circular polarization which produced by orthogonal of excited radial patterns with 90 degree [9], CSRR has used with RRP to generate quad-band antenna for several applications, CHDS has used with several RIS and showed the same behavior, thus It can be used in WiMAX and GPS applications to enhance the received signals. Changing CHDS dimensions make it lose its properties.



(a)

(b)





**Fig.7. Return Loss, Radiation Pattern (RP) and Polar Plot (PP) of Dual-Band Antenna by using CHDS plus CRPs** (a) Integrated Antenna, (b) Return Loss, (c) RP at 5.68 GHz, (d) RP at 1.55 GHz, (e) PP at 5.68 GHz, (f) PP at 1.55 GHz. 3D Radiation Pattern and Polar Plot for Complementary Antenna were simulated. The simulating results appear in figure 4.12, where (a), (b) refer to Radiation Pattern and (c), (d) refer to Polar Plot. The Directivity of Antenna is 5.35 dBi and 3.38 dBi at 5.68 GHz and 1.55 GHz respectively. The Beam Main Lobe Direction is 7 degree with Beam Width 68 degree at 5.68 GHz and 3 degree with Beam Width 107.4 degree at 1.55 GHz.

## REFERENCES

- [1] BALANIS C. A., Antenna Theory: Analysis and Design, 2nd Edition, Wiley, New York, 1997.
- [2] Howell, J., "Microstrip antennas," *Antennas and Propagation, IEEE Transactions on*, vol.23, no.1, pp. 90-93, Jan 1975.
- [3] G. A. Deschamps, "Microstrip microwave antennas," presented at the Third USAF Symp. on Antennas, 1953.
- [4] Pozar, D.M., "Microstrip antennas," *Proceedings of the IEEE*, vol.80, no.1, pp.79-91, Jan 1992.
- [5] C.A. Balanis, "Antenna Theory Antenna Analysis & Design , 2nd edition, John Wiley& Sons, Inc. 1993.
- [6] MOSALLAEI H., K. Sarabandi, Antenna miniaturization and bandwidth enhancement using a reactive impedance sub-strate, *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol.52, no.9, 2004, 2403 – 2414.
- [7] DONG Y., TOYAO, H., ITOH, T., Design and character-ization of miniaturized patch antennas loaded with complemen-tary split-ring resonators, *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol.60, no.2, 2012, 772 - 785.



- [8] Huda A. Majid, Mohamad Kamal A. Rahim, and Thelaha Masri, "Left Handed Metamaterial Design for Microstrip Antenna Application", IEEE International RF and Microwave Conference Proceedings, December 2-4, 2008.
- [9] BAENA J. D., et al., Equivalent-circuit models for split-ring resonators and complementary split-ring resonators coupled to the planer transmission lines," IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques, vol. 53, no. 4, 2005, 1451 – 1461.
- [10] D. Sarkar, K. V. Srivastava, and K. Saurav, "A compact microstrip fed triple band-notched ultra-wideband monopole antenna," IEEE Antennas Wireless Propag. Lett., vol. 13, pp. 396–399, 2014.
- [11] K.Saurav, D. Sarkar, and K. V. Srivastava, "Dual-Polarized Dual-Band Patch Antenna Loaded With Modified Mushroom Unit Cell," IEEE Antennas Wireless Propag. Lett., vol. 13, pp. 1357–1360, 2014.
- [12] C.A.Balanis, Antenna Theory: Analysis and Design, 2nd ed. New Delhi, India: Wiley, 2007.
- [13] R.Garg, P.Bhartia, I.Bahl, and A.Ittipiboon, Microstrip Antenna Design Handbook. Boston, MA, USA: Artech House, 2001.
- [14] Enge, P.; Misra, P., "Special Issue on Global Positioning System," Proceedings of the IEEE, vol.87, no.1, pp.3-15, Jan 1999.
- [15] WANG J., YIN, Y.Z., XIE, J.-J., PAN, S.L., WANG, J.-H, LEI, X., A compact multiband monopole antenna for WLAN /WiMAX applications, Progress In Electromagnetics Research Letters, vol.23, 2011, 147-155.



## A NUMERICAL INVESTIGATION OF (PEMFC) SYSTEM

Yassine AMADANE\*, Hamid MOUNIR, Abdellatif El MARJANI, Ghassane AYAD

Research Team EMISys, research centre ENGENEERING 3S,  
Mohammadia School of Engineers, Mohammed V University  
Rabat, Morocco

yassineamadane@research.emi.ac.ma\*

mounir@emi.ac.ma

marjani.abdel@gmail.com

ghassane.ayad@netcourrier.com

**ABSTRACT:** Recently, the (PEM) fuel cell is well known as a promising device to convert chemical energy into electrical energy. PEMFCs operate at low temperatures in comparison to solidoxide fuel cells, and offer high power density compared to battery technology. A study and investigation of PEMFC has been carried out. The mathematical analysis of PEMFC with considered reactants flow pressure and related Nernst equation etc. is well presented. The parametric effects on PEMFC performance have been analyzed on the basis of V-I characteristics at different values of operating parameters (pressure, transfer coefficient, exchange current density, limiting current density, and internal resistance). A parametric study in which input parameters (transfer coefficient, pressure, and internal resistance) were varied demonstrated the ability of the model to reproduce the essential characteristics of a PEM fuel cell. The main objective in fuel cell modeling is to determine the polarization curve and various factors affecting on the fuel cell performance in order to obtain maximum power.

The purpose of this research aims to describe a numerical model that was developed to simulate the performance of (PEMFC) system. This study was to determine the fuel cell polarization curve and the calculation of power. The ohmic losses as well as the activation losses are given. A polarization curve (resp.power density curve) is the most important characteristic of a fuel cell and its performance. It would be useful to see what effect each of the parameters has on the polarization (resp.power density) curve shape. In this work, the performance of the PEM fuel cell is improving with increasing pressure and all the curves of power density varies positively.

**Key words:** PEM fuel cell, polarization curve, power density curve.



## OPTIMIZATION OF TILT ANGLE FOR SOLAR PANEL

M.Ali KALLİOĞLU

Batman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi 72100 Batı-Raman, Batman

mehmetali.kallioglu@batman.edu.tr

Umut ERCAN

Batman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi 72100 Batı-Raman, Batman

umut.ercan@batman.edu.tr

A.Serkan AVCI

Batman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi 72100 Batı-Raman, Batman

aliserkan.avci@batman.edu.tr

Hakan KARAKAYA

Batman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi 72100 Batı-Raman, Batman

hakan.karakaya@batman.edu.tr

**ABSTRACT:** The incidence angle of the solar radiation changes continuously during the year due to the Earth's movement in the solar system and its own axis. The values used in solar energy applications are usually calculated by the radiation data on the horizontal plane. Panel tilt angle must be the proper position and location in order to obtain the maximum efficiency from solar energy. In this study, the optimum panel angle is determined for each month in Gaziantep province with using the values of the solar radiation on the horizontal plane. Panel tilt angles are determined as  $55^0$ ,  $44^0$ ,  $35^0$ ,  $19^0$ ,  $4^0$ ,  $0^0$ ,  $0^0$ ,  $14^0$ ,  $30^0$ ,  $47^0$ ,  $55^0$  and  $57^0$  for the yearly period (January-December), respectively. This angle is  $52^0$  in the winter months,  $19^0$  in the spring,  $5^0$  in the summer and  $44^0$  in the autumn. The yearly average panel angle is determined to be  $30^0$ . In the case of monthly changes of panel slopes, annual productivity rate can increase up to 14% and the annual yield can reaches up to  $4951 \text{ W/m}^2$ . Considering the reason above, the panel angle should be change according to monthly/seasonally in order to obtain maximum efficiency from solar energy.

**Key words:** solar radiation, optimum angle, solar panel, Gaziantep

## GÜNEŞ PANELLERİ İÇİN OPTİMUM EĞİM AÇISININ BELİRLENMESİ

**ÖZET:** Dünyanın güneş sistemindeki ve kendi ekseni etrafındaki hareketinden dolayı güneş işinlarının bir noktaya geliş açısı yıl içinde sürekli değişmektedir. Güneş enerjisi uygulamalarında kullanılan değerler genellikle açısız düzlem üzerine gelen işinim verileri ile hesaplanmaktadır. Güneş enerjisinden maksimum verimlilik alabilmek için panel eğim açıları uygun pozisyonda ve konumda olmalıdır. Bu çalışmada yatay düzleme gelen güneş işinimi değerleri kullanılarak Gaziantep ili için aylara göre optimum panel açısı güney yönü göre belirlenmiştir. Yıllık süreçte panel açıları (Ocak-Aralık) aylara göre sırasıyla  $55^0$ ,  $44^0$ ,  $35^0$ ,  $19^0$ ,  $4^0$ ,  $0^0$ ,  $0^0$ ,  $14^0$ ,  $30^0$ ,  $47^0$ ,  $55^0$  ve  $57^0$  arasında değişmektedir. Kış aylarında bu değer  $52^0$ , İlkbahar da  $19^0$ , yazın  $5^0$  ve sonbaharda  $44^0$  civarında olmaktadır. Yıllık ortalama panel eğim açısı ise  $30^0$  olduğu tespit edilmiş ve panel açılarının aylık değişimi



durumunda yıllık verim yatay düzleme göre %14 'e kadar artarak yıllık ortalama  $4951 \text{ W/m}^2$  ışınım değerine ulaşmaktadır. Bu durumda bölgede güneş enerjisinden azami fayda sağlanabilmesi için panel açısının aylıksal veya mevsimsel olarak ayarlanması önerilmektedir.

**Anahtar sözcükler:** güneş ışınımı, optimum açı, güneş paneli, Gaziantep

## GİRİŞ

Dünya hem kendi ekseni etrafında günlük dönüşünü sürdürürken hem de Güneş'in çevresinde tur atmaktadır. Dünya bu hareketini elips şeklindeki bir yöringe üzerinde 365 gün 6 saatte tamamlamaktadır. Elips şeklindeki hareketten dolayı yıl içindeki güneş'in doğuş ve batış saatleri ile güneş ışınlarının yeryüzüne düşme açısı değişmektedir. Güneş enerjisinden maksimum miktarda faydalananmak için panel açısının güneş ışınımına dik şekilde ayarlanması gerekmektedir.

Güneş paneli eğim açıına yönelik literatürde birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalardaki temel bölgesel coğrafyadaki açı değerlerini bularak azami ışınım değerlerini elde etmektedir. Ulgen (2006) yaptığı çalışmada İzmir ili için eğim değerlerinin aylık olarak incelemiş ve en düşük haziran ayında  $0^\circ$  ve en yüksek aralık ayında  $61^\circ$  olduğunu bulmuştur. Yıllık sabit panel açısını ise  $30,3^\circ$  tespit etmiştir. Benghanem (2011) Medine için yapılan çalışmada ilkbahar, yaz, sonbahar, kış için panel eğim açısını sırasıyla  $17^\circ$ ,  $12^\circ$ ,  $28^\circ$  ve  $37^\circ$  olarak tespit etmiştir. Yıllık sabit panel açısını  $23,5^\circ$  tespit ederek ilk duruma göre %8'e varan verim artışı gerçekleştirmiştir. Yılmaz ve ark. (2016) Batman ili için panel eğim açılarının aylık  $1^\circ$  ile  $65^\circ$  arasında değiştğini gözlemlemiştir. Mevsimsel olarak yapılan analizlerde kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar için sırasıyla  $61^\circ$ ,  $22^\circ$ ,  $4^\circ$  ve  $48^\circ$  açı değerleri bulunurken yıllık ise sabit  $33^\circ$  açı değeri hesaplanmıştır.

Güneş enerjisi hesaplamalarında kullanılan ışınım miktarına etkin olan faktörlerin başında düzlemin bulunduğu yerleşim yerinin coğrafik konumu, yıl içindeki gün sayısı ve günlük zaman dilimine göre değişiklik göstermektedir. Bu çalışmada eğimli düzlemden bulunan panel için aylık, mevsimsel ve yıllık bazda optimum panel açısı belirleyerek azami faydanın sağlanması amaçlanmıştır. Hesaplamaların yapıldığı Gaziantep ili Güneydoğu Anadolu bölgesinde yer almaktak olup toplam güneş ışınımında ve güneşlenme süresinde Türkiye ortalamasının üstündedir. Gaziantep bölgesi yıllık ortalama  $4335 \text{ W/m}^2$  güneş ışınımı ve 8,15 saat yıllık ortalama güneşlenme süresine sahiptir. Bu değerlerle Türkiye ortalamasının üstünde güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Bölgede yapılması planlanan güneş enerjisi yatırımları verimli ve karlı olması düşünülmektedir.

## YÖNTEM

Güneş ışınım ölçümleri yaygın şekilde yatay düzlemede kaydedilen verilerden oluşmaktadır. Bu çalışmada eğimli yüzey üzerine düşen ışınım miktarını hesaplamak için günlük toplam ışınım değerinin yeniden ölçümlenmesi gerekmektedir.

Eğik düzlem üzerine düşen aylık ortalama günlük global ışınım değeri ( $H_T$ ) 1' nolu eşitlikte verilmiştir. Bu eşitlik direkt güneş ışınımı ( $H_B$ ), yansyan ışınım ( $H_R$ ) ve yayılı ışınım ( $H_S$ ) değerlerinin toplamından oluşmaktadır (Benghanem, 2011).

$$H_T = H_B + H_R + H_S \quad (1)$$



Eğimli yüzeye gelen direkt güneş ışınımı değeri ( $H_B$ ) değeri 2'nci eşitlikte verilmiştir. Bu eşitlik yatay düzleme gelen aylık toplam ışınım ( $H$ ) ve yayılı ışınım ( $H_d$ ) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$H_B = (H - H_d)R_b \quad (2)$$

2'nci eşitlikte geçen  $R_b$  değeri eğik düzlem üzerine gelen direkt ışınımının yatay düzlem üzerine gelen ışınım miktarına oranıdır ve 3'nci eşitlikte de濂ımlı düzleme gelen doğu açısı ( $\omega_s$ ) ve eğimli düzleme güneş doğu açısı ( $\omega'_s$ ) değerlerinin bir bağıntısı olarak hesaplanmaktadır (Bakırcı 2012).

$$R_b = \frac{\cos(\varnothing - \beta) \cos(\delta) \sin(\omega'_s) + \omega'_s (\pi/180) \sin(\varnothing - \beta) \sin(\delta)}{\cos(\varnothing) \cos(\delta) \sin(\omega_s) + \omega_s (\pi/180) \sin(\varnothing) \sin(\delta)} \quad (3)$$

Yerden yansyan ve eğimli yüzeye düşen günlük ışınım miktarı 4'nci eşitlikte hesaplanmaktadır. Bu denklemdeki  $\rho$  yerin yansıtma katsayısı olup bölgenin bitki örtüsüne, rakımına, topografisine ve mevsime göre değişkenlik göstermektedir bu çalışmada bu değer 0,2 alınmıştır. Denklemdeki  $\beta$  panelin yatay düzleme yapmış olduğu eğim açısıdır.

$$H_R = H\rho(1 - \cos \beta)/2 \quad (4)$$

Eğimli yüzey üzerine düşen yayılı ışınımı miktarı 5'nci eşitlik ile hesaplanmaktadır.

$$H_S = H_d R_d \quad (5)$$

$H_d$  yatay düzleme düşen yayılı ışınım miktarıdır ve 6'ncı eşitlik ile hesaplanmaktadır (Liu ve Jordan 1962).

$$H_d = H(1 - 1,13 H/H_0) \quad (6)$$

6'ncı eşitlikteki  $H_0$  Yatay yüzeye gelen günlük dünya dışı güneş radyasyonu olup güneş sabiti ( $G_{sc}$ ), dünyanın yörüngede eksantriklik düzeltme faktörü ( $k$ ), güneş sapması ( $\delta$ ), bölgeen enlemi ( $\varnothing$ ) ve güneşin ortalama doğu açısı ( $\omega_s$ ) değerlerinin bir fonksiyonu olarak, eşitlik (7) ile aylık hesaplanmaktadır.

$$H_o = (24/\pi).G_{sc}.k.[\cos \varnothing \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_s + (\pi/180) \cdot \sin \varnothing \cdot \sin \delta \cdot \omega_s] \quad (7)$$

Güneş sabiti genel olarak  $1367 \text{ W/m}^2$  kabul edilir. Dünyanın yörüngede eksantriklik düzeltme faktörü yeryüzüne gelen güneş ışınımı, atmosfer dışına gelen güneş ışınımına ilişkili olarak bulunur. Güneş sabitinin düzeltme faktörü ( $k$ ) günlere göre değişim göstermektedir,  $n$  yıl içindeki gün sayısı (1-365) olmak üzere 8'nci eşitlikten hesaplanmaktadır. (Kallioğlu, 2014).

$$k = 1 + 0,033 \cos(360n/360) \quad (8)$$

Güneş sapması ( $\delta$ ) eşitlik 9 ile hesaplanır. Bu formüldeki  $n$ , 1 Ocaktan itibaren deklinasyon açısının hesaplanacak zamana göre belirlenmektedir.. Bu değerler bir ayda bulunan bütün günler yerine, aylık belirlenen ortalama gün üzerinden aylık ortalama deklinasyon açısı hesaplanmaktadır (Kallioğlu, 2014).

$$\delta = 23,45^\circ \sin(360(n + 284)/365) \quad (9)$$

Güneşin yatay ( $\omega_s$ ) ve eğimli ( $\omega'_s$ ) yüzeylere doğu açısı sırasıyla 10 ve 11'nci eşitliklerle hesaplanmaktadır. Bu bağıntılar eğimli yüzeye, enleme ve güneş sapmasına bağlı olarak değişmektedir (Duffie ve Beckman 1980).

$$\omega_s = \cos^{-1}(-\tan \varnothing \cdot \tan \delta) \quad (10)$$

$$\omega'_s = \min \left[ \frac{\omega = \cos^{-1}(-\tan \varnothing \tan \delta)}{\cos^{-1}(-\tan(\varnothing - \beta) \tan \delta)} \right] \quad (11)$$

5'nci eşitlikte geçen  $R_d$  ortalama günlük eğimli ve yatay yüzeyler arasındaki kalibre katsayısı olup 7'nci eşitlikle hesaplanmaktadır.

$$R_d = (1 + \cos \beta) / 2 \quad (12)$$

## BULGULAR

Bu çalışmada, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün  $36,28^\circ$  -  $38,01^\circ$  doğu boyamları ile  $36,38^\circ$  -  $37,32^\circ$  kuzey enlemleri arasında yer alan  $7,642 \text{ km}^2$  yüzölçümüne sahip Gaziantep ili için Elektrik İşleri Etüt İdaresi'nin (EIE 1985-2016) sayfasından alınan bölgeye özgü ölçülen meteorolojik veriler kullanılmıştır. Hesaplamalar eşitlik 1-12 arası kullanılarak güneş panelinin farklı açılarındaki ( $0^\circ$ - $90^\circ$ ) toplam güneş ışınım değerlerine göre yapılmıştır.

**Tablo 1. Aylara Göre Optimum Eğim Açısı ve Işınım Miktarı İlişkisi**

Aylar	$H (\text{W/m}^2\text{-gün})\beta_0^0$	$H_T (\text{W/m}^2\text{-gün})\beta_{OPT}^0$	$H_T (\text{W/m}^2\text{-gün})\beta_{30}^0$	$H_T (\text{W/m}^2\text{-gün})\beta_{37}^0$
Ocak	2020	2950	2744	2842
Şubat	2490	3059	2999	3044
Mart	4130	4770	4754	4769
Nisan	5040	5223	5152	5041
Mayıs	6140	6151	5775	5543
Haziran	6780	6780	6114	5811
Temmuz	6560	6560	6027	5753
Ağustos	5920	6036	5868	5695
Eylül	4980	6595	6595	6563
Ekim	3770	5060	4877	4994
Kasım	2400	3524	3280	3398
Aralık	1800	2713	2494	2592

Tablo 1'de hesaplamalarla elde edilen optimum açı değerlerin güneş paneli üzerinde oluşturabileceği ışınım şiddeti gösterilmektedir. Dört farklı duruma göre değerlendirildiğinde Gaziantep ili için ortalama azami ışınım miktarı aylık belirlenen optimum açıyla ( $\beta_{OPT}^0$ ) sağlanmaktadır. Enlem derecesine göre ayarlanan ( $\beta_{37}^0$ ) yıllık sabit açıdaki panellerde yaz aylarında yatay düzlem ( $\beta_0^0$ ) göre ışınım şiddeti düşerken kış aylarında bu değer artmaktadır.



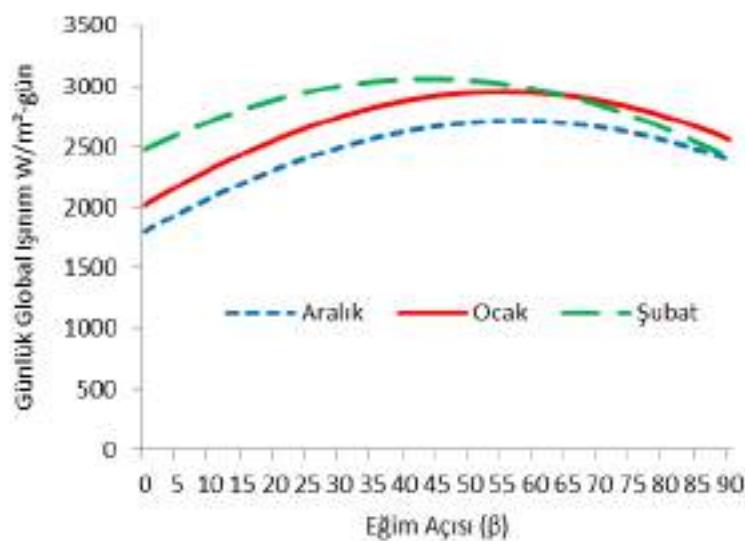
**Şekil 1. Eğim Açısının Aylara Göre Değişimi**

Şekil 1'de görüleceğe üzere panellerde yatayla yapılan açının kış aylarından yaza doğru gidildikçe azaldığı görülmektedir. Bu durumun yegâne sebebi 21 Haziranda güneş işinleri Kuzey yarımküredeki yengeç dönencesine dik gelmesiyle yatay düzlemde azami verimin sağlanabilecek olunmasıdır. Buna karşın 21 Aralık'ta Güneş işinleri Güney Yarımküre 'ye gelebileceği en dik, Kuzey Yarımküre 'ye en eğik açılarla gelmektedir böylece panel açı değerleri oldukça yüksektir.

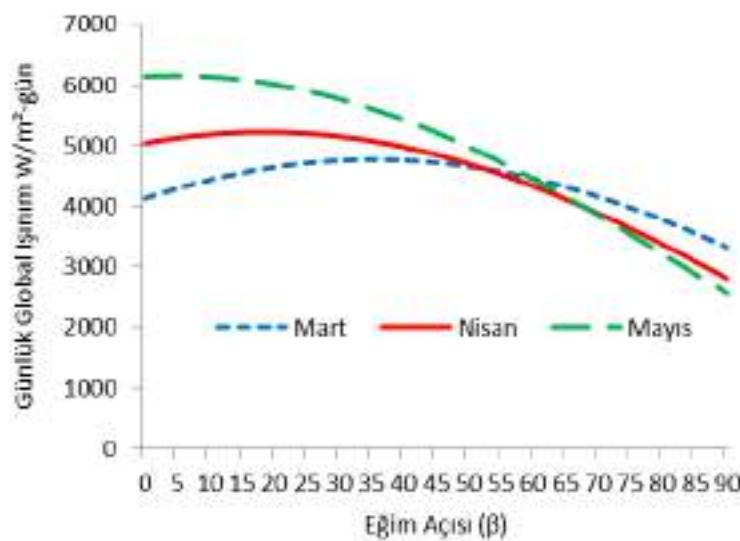
**Tablo 1. Eğim Açısı Verim İlişkisi**

Aylar	$\beta_{OPT}$ Aylık	Verim % Aylık	$\beta_{OPT}$ Mevsim	Verim % Mevsim	$\beta_{OPT}$ Yıllık	Verim % Yıllık	$\beta_{OPT}$ Enlem	Verim % Enlem
Ocak	55 <sup>0</sup>	46,04	52 <sup>0</sup>	45,89		35,84		40,69
Şubat	44 <sup>0</sup>	22,85		21,97		20,44		22,25
Mart	35 <sup>0</sup>	15,50		12,08		15,11		15,47
Nisan	19 <sup>0</sup>	3,63	19 <sup>0</sup>	3,63		2,22		0,02
Mayıs	4 <sup>0</sup>	0,18		-1,81		-5,94		-9,72
Haziran	0 <sup>0</sup>	0,00		-0,56		-9,82		-14,29
Temmuz	0 <sup>0</sup>	0,00	5 <sup>0</sup>	-0,23	30 <sup>0</sup>	-8,13	37 <sup>0</sup>	-12,30
Ağustos	14 <sup>0</sup>	1,96		-0,52		-0,88		-3,80
Eylül	30 <sup>0</sup>	32,43		29,68		32,43		31,79
Ekim	47 <sup>0</sup>	34,22	44 <sup>0</sup>	34,03		29,36		32,47
Kasım	55 <sup>0</sup>	46,83		44,92		36,67		41,58
Aralık	57 <sup>0</sup>	50,72	52 <sup>0</sup>	50,28		38,56		44,00

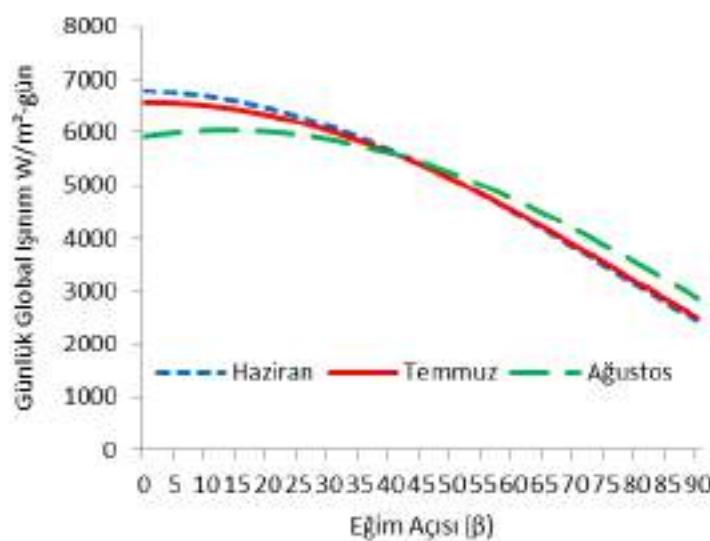
Panellerdeki işinim miktarı eğim açısına göre analiz yapıldığında aylık verim artışı en çok kış aylarında sağlanırken yaz aylarında değişim önemsiz derecede azdır. Panel açısı yıllık olarak sabitlendiğinde kış aylarında yine verim artışı gözlenirken yaz aylarında ilk duruma göre verim düşüşü gözlenmektedir. Panel üzerine düşen ortalama toplam işinimim miktarı bakımından aylıksal, mevsimsel ve yıllık değerler kıyaslandığında ilk duruma göre sırasıyla %14, %12 ve % 8 civarında verim artışı tespit edilmiştir. Panel açısı Gaziantep ilinin enlem açısına (37<sup>0</sup>) göre bütün yla sabit olarak ayarlandığında ilk yatay duruma göre kış aylarında verim artışı gözlenirken yaz aylarında ise verim düşüşü gözlenmiştir. Bütün sene için kıyaslama yapıldığında % 7 civarında verim artışı olmaktadır.



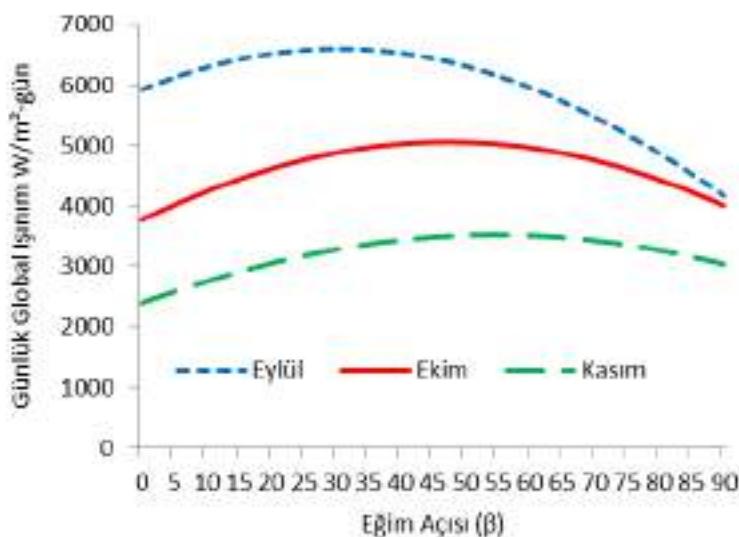
**Şekil 2. Kış Aylarının Eğim-Işinim İlişkisi**



Şekil 3. İlkbahar Aylarının Eğim-Işınım İlişkisi



Şekil 4. Yaz Aylarının Eğim-Işınım İlişkisi



**Şekil 5. Sonbahar Aylarının Eğim-Işınım İlişkisi**

### SONUÇ

Bu çalışmada Gaziantep ili için optimum panel açısı tespit edilmiştir. Eğim açıları aylara göre değişkenlik göstermiş ve en düşük 0<sup>0</sup> iken en yüksek 57<sup>0</sup> derece civarındadır. Mevsimsel uygun eğim açısı değerleri 5<sup>0</sup> ile 52<sup>0</sup> arasında değerler almaktadır. Yıllık optimum sabit panel açısı 30<sup>0</sup> olmuştur. Optimum aylık panel açısında verim % 0 ile % 50,72 civarında değişmektedir. Elde edilen sonuçlar analiz edildiğinde panel eğim açılarının aylık ayarlanması güneş işiniminde azami fayda sağlamaktadır. Fakat aylık açı değişiminin mümkün olmadığı durumlarda ise iklim şartları önemlidir. Aralık ve Ocak ayları %80 kapalı geçen bir bölgede, modül bu aylara göre ayarlanmadır. Diğer önemli durum ise sistemin kullanım amacına uygun entegre edilmelidir. Kış yahut yaz mevsimlerinde azami kazançla çalışması gereken mevsimlik durumlarda sistem kurulumdaki eğim açısı yönelik hesaplanması ciddi ekonomik katkı ve verimlilik sağlayacaktır.

### KAYNAKLAR

- Bakirci, K. (2012). General models for optimum tilt angles of solar panels: Turkey case study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(8), 6149-6159.
- Benghanem, M. (2011). Optimization of tilt angle for solar panel: Case study for Madinah, Saudi Arabia. *Applied Energy*, 88(4), 1427-1433.
- Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (1980). *Solar engineering of thermal processes*.
- Kallioğlu, M. A. (2014). Niğde İli İçin Yatay Düzenleme Gelen Günlük Tüm, Yayılı Ve Direkt Güneş Işinimini Hesaplama Modeli Geliştirilmesi (Doctoral dissertation, Niğde Üniversitesi).
- Liu, B., & Jordan, R. (1961). Daily insolation on surfaces tilted towards equator. *ASHRAE J.*; (United States), 10.
- Ulgen, K. (2006). Optimum tilt angle for solar collectors. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 28(13), 1171-1180.



Yılmaz, A., Kocer A., Yaka I.F., Güngör A. (2016) ,Determination Of Optimum Tilt Angle On Solar Thermal Collectors For Batman Province Of Turkey, Solar Conference Exhibition, Solar Tr, 674-678.



## INVESTIGATION OF CHANGE OF BATMAN AIR QUALITY WITH USING NATURAL GAS

Umut ERCAN

Batman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi 72100 Batı-Raman, Batman

umut.ercan@batman.edu.tr

M.Ali KALLİOĞLU

Batman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi 72100 Batı-Raman, Batman

mehmetali.kallioglu@batman.edu.tr

A.Serkan AVCI

Batman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi 72100 Batı-Raman, Batman

aliserkan.avci@batman.edu.tr

**ABSTRACT:** In this study, natural gas transition and air pollution parameters (SO<sub>2</sub> and PM10) were examined for before and after using natural gas of Batman province. In other words, the effect of natural gas usage on air quality has been investigated in Batman. Therefore, the before and after using natural gas of value of SO<sub>2</sub> and particulate matter (PM10) values which were obtained from Ministry of Environment and Urban Planning of the Republic of Turkey, Batman Governorship Environment and Provincial Directorate and Siirt Batman Urban Natural Gas Distribution Inc. were compared with each other during the heating season of the natural gas. It was observed that the value for SO<sub>2</sub> was much higher than the average value of the Air Quality Assessment and Management Regulation (HCPDYY) in the winter months for before the natural gas usage. On the other hand, after using natural gas, it has been seen that the average value was not exceeded the average limits in the following periods.

**Key words:** Air Pollution, SO<sub>2</sub>, Natural Gaz, PM10

## BATMAN İLİ HAVA KALİTESİNİN DOĞAL GAZ KULLANIMI İLE DEĞİŞİMİNİN ARAŞTIRILMASI

**Özet:** Bu çalışmada, Batman ilinin doğalgaz kullanmaya başlamadan önceki ve doğalgaza geçiş ile hava kirlilik parametreleri (SO<sub>2</sub> ve PM10) incelenmiştir. Doğal gaz kullanımının hava kalitesine etkisi araştırılmıştır. Bu araştırmada, Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Batman Valiliği Çevre ve İl Müdürlüğü ve Siirt Batman Şehir içi Doğal Gaz Dağıtım AŞ'den alınan doğalgaz kullanımının ısıtma sezonunda hava kirliliği ölçüm parametreleri arasından SO<sub>2</sub> ve partikül madde (PM10) değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonunda, Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğinde (HKDYY) belirtilen, SO<sub>2</sub> için değerinin doğal gaz kullanımına geçilmeden önce kış aylarında ortalamanın çok üzerinde olduğu görülmüş ve doğal gaz kullanılmaya başlanmasıından sonraki dönemlerde ise ortalama değerinin aşılmadığı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Hava kirliliği, SO<sub>2</sub>, Doğalgaz, PM10

## GİRİŞ



Hava hayatı özellikle bir çevresel elemanıdır. Hayatın devam edebilmesi için zorunlu olan bu çevresel öğe, fiziksel bir faktör olarak insan yaşamın gerekliliğidir. Yetişkin bir insan günlük 10 bin ile 20 bin litre arasında hava solumaktadır. Teneffüs edilen havanın içeriğindeki maddeler çok küçük miktarlarda da olsa etkilerini göstermektedir (Özdemir, 2008). Hava kirliliği, canlıların sağlığını negatif yönde etkileyen ya da havadaki yabancı maddeler nedeniyle maddi zararlar meydana getiren, sınır değerlerin ve yoğunluğun aşılmasıdır (Akyürek, 2013).

Hava kirliliğinin nedenleri kaynaklara göre ikiye ayrılır: Bunlar, doğal kaynaklar ve yapay kaynaklar. Doğal kaynaklar, tabiatta kendiliğinden oluşan doğal olaylar nedeniyle havanın kalitesini azaltan maddeler ortaya çıkabilmektedir. Bu sebeple oluşan kirletici maddeler atmosferde uzun süre kalamazlar. Bu olaylar, orman yangınları, yanardağ faaliyetleri, çöl tozları, açık arazilerdeki bitki örtüsü veya hayvan türlerinin yok olması şeklinde gerçekleşebilir. Yapay kaynaklar ise, insanoğlu tarafından yapılan işler nedeniyle doğanın dengesinin olumsuz yönde etkilenmesidir. Hava kirliliği ve kalitesinde, yapay kaynaklar tarafından oluşan kirlilik daha büyük önem arz etmektedir. Son günlerde insanlığı en çok ilgilendiren, özellikle yerleşim alanları ve sanayi, endüstri alanlarındaki hava kalitesi ve kirliliğidir. Oluşan kirlilik daha çok insanlar tarafından yapılanlar sonucu meydana gelmektedir. Kirliliği oluşturan ana nedenler şunlardır: Isınma, Ulaşım, Sanayi (Çay & Yıldız, 2011).

İnsan odaklı faaliyetler sonucu oluşan kirlilik, bölgede yaşayan nüfus, sanayinin gelişimi, kentleşme durumu gibi etkenlere bağlı olarak değişim göstermektedir. Klimatolojik etkenler, konum ve topografik yapı, plansız ve çarpık şehirleşme, yeşil alanların yeterli miktarda bulunmaması, kullanılan yakıtların niteliği yapay kaynaklar tarafından oluşan kirliliğin en etkin faktörlerdir.

Isınma kaynaklı hava kirliliği, ateşin bulunması itibarıyle insanoğlu için en önemli ihtiyaçların başında gelmektedir. Günümüzde, kış aylarında isınma amaçlı olarak ev, okul ve işyerlerinde soba ve kalorifer kullanılmaktadır (Can A., Eryener D., 1997). Isıtıcılarda odun, fuel oil, kömür ve doğalgaz yakıt olarak kullanılmaktadır. Yakıtların yanması sonucu oluşan karbonmonoksit (CO), kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>), azot oksitler (NO<sub>x</sub>) ve partikül maddeler (PM10) bacadan atılırken çevreyi bir miktar kirletmektedir. Tablo 1'de isınma amaçlı kullanılan yakıtların fiziksel ve kimyasal bazı özelliklerinin karşılaştırılması verilmiştir.

**Tablo 1. Isınma Amaçlı Kullanılan Yakıtların Karşılaştırılması ([www.mmo.org](http://www.mmo.org))**

	Karbon Oranı (%)	Hidrojen Oranı (%)	Kükürt Oranı (%)	Kül Oranı (%)	Nem Oranı (%)	Isıl Değeri (kcal/ton)	Baca Gazındaki SO <sub>2</sub> Oranı (ppm)	Hava Fazlalığı
Kömür	<b>77,40</b>	<b>1,40</b>	<b>1,00</b>	<b>8,00</b>	<b>7,00</b>	<b>7.200</b>	<b>1,64</b>	<b>1,40-2,00</b>
Fuel-Oil	<b>84,58</b>	<b>10,90</b>	<b>4,00</b>	-	-	<b>9.600</b>	<b>5,50</b>	<b>1,20-1,30</b>
Doğal Gaz	<b>73,98</b>	<b>24,57</b>	-	-	-	<b>8.250</b>	-	<b>1,05-1,10</b>

Ulaşım kaynaklı hava kirliliğinde ise, yerleşim yerlerinde ısınmadan kaynaklanan hava kirliliği kadar, nüfus artışı ve motorlu taşıtların egzoz gazları da büyük bir oranda çevre



kirliliği sorunu olmaktadır. Benzinli ve dizel araçların egzoz gazlarında karbonmonoksit (CO), azotoksitler (NOx), hidrokarbonlar (HC) ve kurşun (Pb) bulunmaktadır. Kirletici maddelerin, nüfus ve trafiğin yoğun olduğu büyük yerleşim yerlerinde çevreye verdiği zararlar çok daha yüksektir. Taşıtların kirletici etkilerini önlemek veya azaltmak için bir takım çözümler mümkündür. Bu çözümlerin başında motorlu taşıtların egzoz gazı emisyon ölçümlü zamanında yapılmalıdır. Taşıtların periyodik bakım ve arızaları zamanında yapılmalıdır. Standartlara uygun yakıt kullanılmalıdır. Araçların muayeneleri periyodik olarak yapılmalıdır. Taşıtlara kapasitelerinden fazla yük ve yolcu taşınmamalıdır. Benzinli araçlarda katalitik konvertör kullanılmalıdır. Toplu taşımayı özendirip, kullanımının arttırılması sağlanmalıdır.

Sanayi nedenli hava kirliliği, kalkınmak ve ilerlemek için temel sektörlerden birisi de sanayi ile çok taraflı ve birbirine bağlı bir ilişki vardır. Bu etkileşim sonucunda oluşan pozitif sonuçların yanında, çevrenin korunması açısından yeterli önlemler alınmadığı ve gereken teknolojik yenilikler takip edilmediği zaman çevre üzerinde negatif sonuçlar kirlilik sorununu ortaya çıkarmaktadır. Artan ihtiyacın kaynakların aşırı kullanılmasına, çevrenin hızla kirlenmesine ve endüstri kollarından beklenen faydalara azalmasına sebep olmuştur.

## MATERIAL METOD

Batman İli doğudan Bitlis ve Siirt, Güneyden Mardin; batıdan Diyarbakır, kuzeyden ise Muş ile çevrilidir. Batman ili Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde;  $41^{\circ} 07' 44''$  boylam ile  $37^{\circ} 54' 02''$  enlemleri arasında yer almaktadır. Batman ili iklim özellikleri ise Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde olması itibarıyle Akdeniz İklimine benzerdir. Kış ayları bazen sert ve soğuk geçmekte, yaz ayları ise oldukça sıcak ve kurak geçmektedir.

Hava kirliliği seviyelerini belirlemek için yapılan birçok çalışmanın birincil amacı, hava kalitesi standartlarında olacak şekilde kirletici kaynaklardan çıkan emisyonlara müdahale etmektir. Hava ve çevre kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki negatif tesirleri bilindiğinden emisyonların seviyesini tespit etmek için bilinen aralıklarda hava kalitesi örnekleme değerleri toplanmalıdır. Batman ili şehir merkezinde bir adet hava kalitesi izleme istasyonu bulunmaktadır. Bu istasyon il merkezinde Batman Valiliği kampüsü içerisinde bulunmaktadır. Bu istasyonda ölçülen hava değerlerinin aritmetik ortalaması Batman için hava kalitesi bilgilerini vermektedir.

Ulusal hava kalitesi indeksi, EPA Hava Kalitesi İndeksini ulusal mevzuati ve limit değerleri uyarlanmıştır. Hava kalitesi indeksi oluşturulması için 5 temel kirletici ölçümektedir. Bunlar; partikül maddeler (PM10), karbonmonoksit (CO), kükürtdioksit ( $\text{SO}_2$ ), azotdioksit ( $\text{NO}_2$ ) ve ozon ( $\text{O}_3$ ) dur.

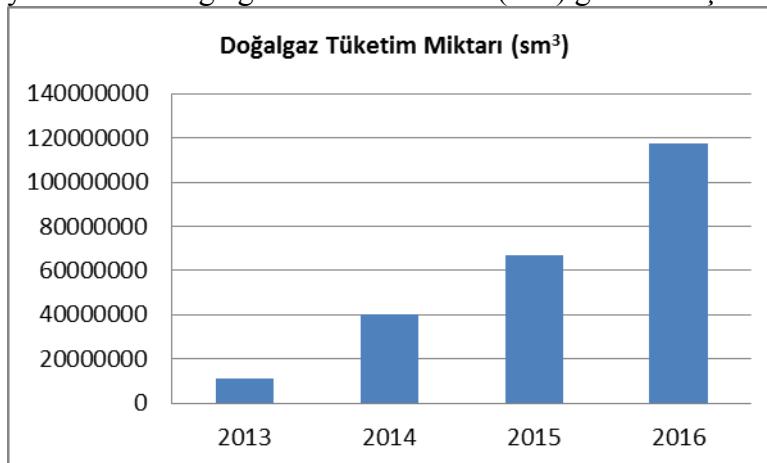
PM10, asılı partikül madde-siyah duman olarak ölçülen maddedir. Atmosferdeki ağırlıkları sebebiyle hızla batabilen büyük partiküllerin dışında, atmosferde yayılan çok küçük tanecikli katı veya sıvı partikül maddelerdir (Özdemir, 2008).

$\text{SO}_2$  (kükürtdioksit), renksiz, keskin kokulu reaktif bir gazdır. Kömür, fuel-oil gibi kükürt içeren yakıtların yanması sırasında, metal eritme işlemleri ve diğer endüstriyel işlemler sonucu oluşur. Ana kirletici kaynakları, termik santraller ve endüstriyel kazanlardır. Genel olarak, en yüksek  $\text{SO}_2$  konsantrasyonları, büyük endüstriyel kaynakların yakınında bulunur (Akyürek, 2012).

Batman ilinde hava kirliliğine neden kış aylarında ısınma amacıyla kullanılan yakıtlardır. Yakıt olarak, doğalgazın dışında kömür, fuel-oil ve odun kullanılmaktadır. Sanayi tesisilarının yerleşim yerinin içinde kalması (endüstriyel amaçlı kullanılan yakıtların yanması sonucu oluşan baca gazları, üretim sonucu havaya atılan artık maddeler),

meteorolojik faktörler (şehrin şeklinden dolayı, durgun gün sayısının çok oluşu ve hava karışım yüksekliğinin 4m olması), motorlu taşılarda ve anız yangınları gibi nedenlerin oluşturduğu hava kirliliğidir.

Bu araştırma Batman ili şehir merkezi için 2013 - 2016 yılları arasındaki kış ayları (ocak, şubat, mart, ekim, kasım, aralık,) hava kirliliği ve kalitesi ölçümlerinden elde edilen SO<sub>2</sub> ve partikül madde (PM10) değerleri alınarak hazırlanmıştır. Şekil 1'de Batman ili 2013-2016 yılları arası Doğalgaz tüketim miktarı (sm<sup>3</sup>) gösterilmiştir.



Şekil 1. Batman İli 2013-2016 Yılları Arası Doğalgaz Tüketim Miktarı (sm<sup>3</sup>)

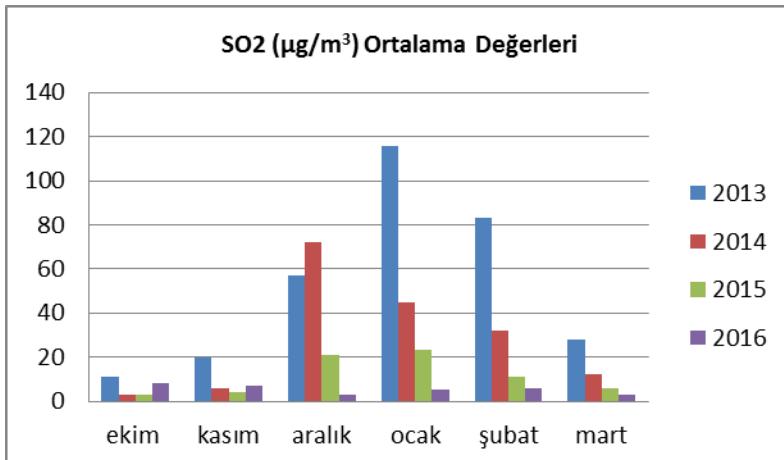
## BULGULAR

Bu çalışmada Batman Valiliği İl Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü'nden alınan veriler derlenerek Batman ili şehir merkezi için 2013-2016 yılları arası hava kirliliği profili çıkarılmıştır. Bu değerlere ek olarak Siirt Batman Şehir içi Doğal Gaz Dağıtım AŞ'den alınan doğalgaz kullanım verileri de kullanılmıştır. Bu veriler yardımıyla tablo 1'de Batman ili kış sezonu SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) değerleri verilmiştir.

Tablo 1. Batman ili kış sezonu SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) değerleri ([www.csb.gov.tr](http://www.csb.gov.tr))

	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Ortalama
2013	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>57</b>	<b>116</b>	<b>83</b>	<b>28</b>	<b>52,5</b>
2014	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>72</b>	<b>45</b>	<b>32</b>	<b>12</b>	<b>28,3</b>
2015	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>21</b>	<b>23</b>	<b>11</b>	<b>6</b>	<b>11,3</b>
2016	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>5,3</b>

Şekil 2'de ise SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)'nin yıllara göre ortalama değerleri verilmiştir. Doğalgazın 2013 yılından itibaren kullanılmaya başlandığı düşünüldüğünde, 2013-2016 kış sezonundan itibaren SO<sub>2</sub> değerinin düşüğü görülmektedir. Doğal gazın konutların ısınma ihtiyacını karşılamak için kullanılmaya başlanmasıından itibaren SO<sub>2</sub> değerinde önemli bir düşüş olduğu görülmüştür.



**Şekil 2. SO<sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )'nin Yıllara göre Ortalama Değerleri**

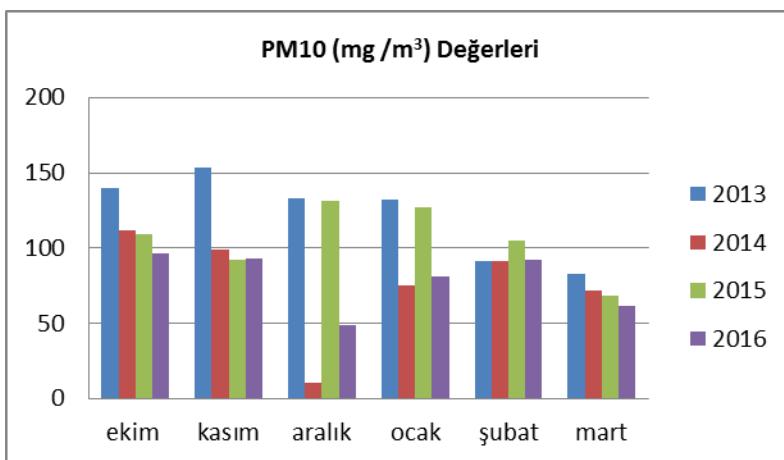
SO<sub>2</sub>'nin yıllara göre ortalama değeri 2013 yılında 52,5( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) iken 2016 yılında 5,33( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) değerine kadar düşürülmüştür.

Tablo 2'de ise Batman ili kış sezonu PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) değerleri verilmiştir. Tablo incelendiğinde doğalgaz kullanılmadan önce 2013 yılı Ocak-Şubat aylarında 116  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ve 83  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak en yüksek değerler ölçülmüştür. Doğalgaz kullanımının yaygınlaştiği 2016 yılında ise ortalama PM10 değeri 5,33  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  olduğu ölçülmüştür.

Tablo 2. Batman ili kış sezonu PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) değerleri

	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Ortalama
<b>2013</b>	<b>140</b>	<b>153</b>	<b>133</b>	<b>132</b>	<b>91</b>	<b>83</b>	<b>122</b>
<b>2014</b>	<b>112</b>	<b>99</b>	<b>10</b>	<b>75</b>	<b>91</b>	<b>72</b>	<b>76,5</b>
<b>2015</b>	<b>109</b>	<b>92</b>	<b>131</b>	<b>127</b>	<b>105</b>	<b>68</b>	<b>105,3</b>
<b>2016</b>	<b>96</b>	<b>93</b>	<b>49</b>	<b>81</b>	<b>92</b>	<b>61</b>	<b>78,6</b>

Doğalgaz kullanımının artmaya başlamasından itibaren PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) değerlerinin gözle görüldür biçimde azaldığı Tablo 3'den ve Şekil 3'den görülmektedir. 2013 yılında ortalama PM10 değeri 122  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  iken 2016 yılında 78,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'e kadar gerilediği ölçülmüştür.



**Şekil 3. Kış Ayları için Aylara göre PM10 (mg /m³) Değerleri**

## SONUÇLAR VE ÖNERİLER



Hava kirliliğindeki azalmayı devam ettirebilmek için temiz bir enerji olan doğalgazın ıısı, sanayi ve endüstri alanlarında kullanımı artırılmalıdır.

Hava kirliliğini azaltmak için:

Isınma için kullandığımız araçların bakımlarının zamanında yapılması ile daha az yakıt sarfiyatı

Elektrikli alet ve cihazlarda enerji tasarrufunun arttırılması,

Fosil yakıt kullanımının azaltılıp temiz ve yenilenebilir enerji (jeotermal, rüzgar, güneş enerjisi) kaynaklarının kullanımının artırılması,

Yenilenebilir enerji kaynaklarının teşvik edilmesi,

Yaşadığımız çevrenin önemi ve korunması ile ilgili eğitimler hazırlanarak kamuoyunun bilgilendirilmesi,

Uygun baca kullanılmalı, baca yüksekliğine dikkate edilmelidir.

Hava kirliliğindeki azalmayı devam ettirmek, temiz bir enerji olan doğalgazın konut isınması ve endüstride kullanımının artırılması gerekmektedir. Doğalgazın daha çok konutun yararlanabilmesi için, yerel yöneticiler tarafından yeni doğalgaz etapları hayatı geçirilmelidir. Bununla birlikte doğalgazın son kullanıcı için cazip fiyatlandırılmalıdır.

## KAYNAKLAR

Akyürek, Ö., 2012. Trabzon Kent Merkezi İçin Hava Kirliliği İle Meteorolojik Koşullar Arasındaki İlişkinin 2006-2011 Arası Verilerine Dayalı Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Akyürek, Ö., Arslan, O., Karademir, A., SO<sub>2</sub> Ve Pm10 Hava Kirliliği Parametrelerinin CBS İle Konumsal Analizi: Kocaeli Örneği. TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, Ankara, 2013.

Can A., Eryener D., "Sanayi ve Şehir Kaynaklı Hava Kirliliği ve Önlemleri", Ekoloji Çevre Dergisi, Sayı:24;6-12, 1997

ÇAY, Yusuf and YILDIZ, Abdulaziz. "Fosil kaynaklı yakıtların neden olduğu hava kirliliğinin doğal gaz kullanımı ile değişimi, Van ili örneği", TUBITAK, 2011.

Özdemir, F., 2008. Türkiye Genelinde Kükürt Dioksit Ve Partiküler Madde Kirlilik Dağılımlarının Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Anonim, " [www.csb.gov.tr](http://www.csb.gov.tr) " Son Erişim: 05.09.2017

Anonim, " [www.mmo.org.tr](http://www.mmo.org.tr) " Son Erişim: 05.08.2017



## INTERVIEW OF THE SOFT SWITCHING TECHNIQUES FOR INVERTERS

Haci BODUR  
Yildiz Technical University  
bodur@yildiz.edu.tr

Erdem AKBOY  
Yildiz Technical University  
eakboy@yildiz.edu.tr

**ABSTRACT:** The using of the semiconductors has been increasing due to the technologic developments. The systems that have more semiconductors suffer from low power density, low frequency, high losses and low efficiency. Inverter can be exemplified to these systems. In renewable systems, grid connected converters are the most important part for connecting the renewable sources and utility grid. For this purpose the neutral point clamped (NPC) inverters are used. There are applied as I or T type. These converters are expected to operate with high efficiency, low total harmonic distortion, power quality and low dv/dt. And so, the soft switching techniques can be implemented to systems to deal with these features. In this study, soft switching techniques for especially NPC inverters are studied in detail.

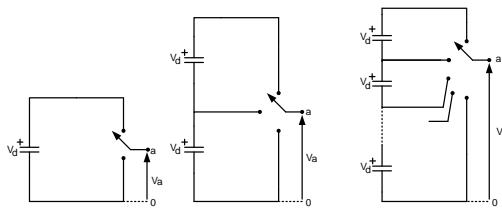
**Key words:** Inverters, T Type Inverters, Soft Switching, Zero Voltage Switching, Zero Voltage Transition

## INTRODUCTION

Renewable energy systems have been getting attention recently. Inverters play an important role as grid connected converter. Besides, low harmonic output current, high efficiency, low losses and low Electro Magnetic Interference (EMI) are expected for inverters. To deal with these demands, Soft Switching (SS) techniques can be applied instead of Hard Switching (HS) techniques. SS techniques provides for converters to increase switching frequency thanks to suppressing switching losses. SS techniques have been applying to DC-DC converters perfectly. Due to having more semiconductors, SS techniques can be implemented at inverters hardly (Stein, F.G. & Novaes,Y.R.(2015)).

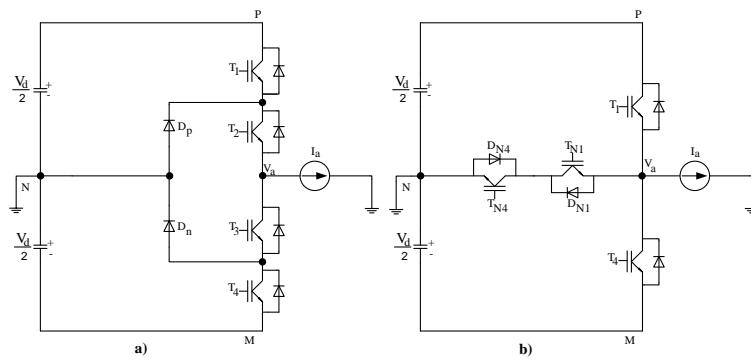
The losses are defined as conduction and switching losses (Aksoy, I., et al, (2010)) The conduction losses are related to duty cycle. The switching losses are related to overlapping voltage and current waveforms, parallel parasitic capacitor and also reverse recovery diode and also it is proportional to switching frequency. Besides, EMI is related to rising rate of voltage and current waveforms of the semiconductors. SS can be explained as minimizing switching losses and EMI (Bodur, H. & Bakan, A.F.,(2004)). For this purpose Zero Current Switching (ZCS) at turn on and Zero Voltage Switching (ZVS) at turn off processes are implemented. At the modern snubber cells Zero Voltage Transition (ZVT) at turn on and Zero Current Transition (ZCT) at turn off processes are also realized in (Bodur, H. et al, (2011),. These techniques are achieved easily for DC-DC converters that have low semiconductors. On the other hand, these techniques aren't suitable for converters that have more semiconductors such as inverters, as the snubber cells cause additional losses for all references (He, N. et al,(2006))

Inverters have been getting attention as grid connected converters. For the simple solar system, the output voltage of the PV panels is boosted by a dc-dc converter and then it is converted to AC voltage by an inverter. Inverters are considered as two level, three level and multilevel converters as shown as Fig. 1. The two level inverters have the advantages that easy control and easy applicable, yet the output levels change only positive and negative levels. The three level inverters provide also zero voltage level for the output, so the output harmonics is lower than two level ones (Bruckner,,T. & Bernet, S. (2001)). The multilevel inverters have more semiconductors due to voltage levels. Although they have good results for the output harmonics, these inverters suffer from control complexity, low efficiency and also easy applicable. So, three level inverters (3LI) are suitable for applications (Barreto, E.M.. et al, (2011)).



**Figure 1. Two Level, Three Level and Multilevel Inverter Schemes Respectively**

Nowadays, Neutral Point Clamped (NPC) inverter are used for this purpose. The NPC inverters are separated into I type and T type inverters as shown in Fig. 2. There are four active switches and two diodes at I type modules, while there are only four active switches at T type modules. The switches at the T type which are at the neutral line are also called AC switch or at some sources Reverse Blocking (RB) IGBT. For I type inverters there are two active semiconductors that are on state when the output voltage is positive or negative levels. When the output is at zero level only one active and passive semiconductors are at the on stage. For the T type inverters, it is similar with I type when the output voltage level is zero. But, there is only one active switch is at on state when the output voltage is positive or negative levels. So, the conduction losses are lower than I type converters. Furthermore, the voltage stresses of the phase leg active switches are input voltage at both inverter types, but the AC switch voltage stresses are equal to half of the input voltage (Hu J. & Chang, J.(2006)).



**Figure 2. NPC Inverters, (a) I Type and (b) T Type**



At this study, SS techniques are reviewed for especially inverters. As it is known that SS can be easily to converter which has low semiconductors such as dc-dc converters. But, it can be impracticable for converters which have more semiconductors due to additional losses, complexity control and complexity circuit structure. Nowadays, I and T type inverters are applied especially grid connected converter, motor drivers and UPS systems etc. Therefore, SS has been getting attention for these converters.

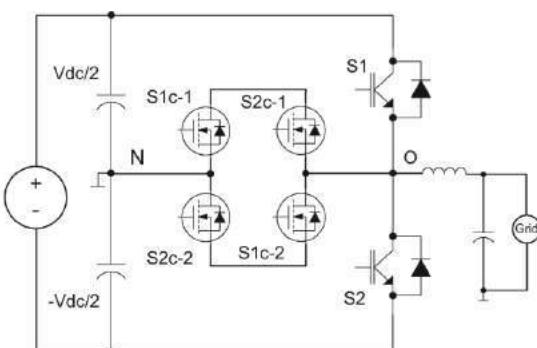
## METHODS

### The Review of Soft Switching Inverters

The Neutral Point Clamped (NPC) inverters play an important role in motor drive systems, grid connected converters and power system applications in the past decade, since they provides low harmonic distortion. These inverters can be applied as I or T type schemes. For the purpose of limiting dv/dt and techniques such as SS are getting attention for these inverters.

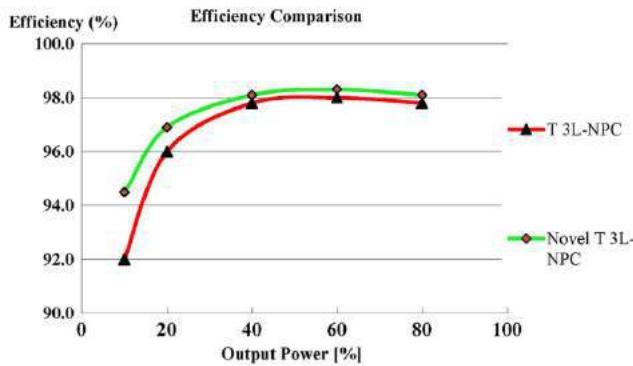
#### *Diode Free T Type Three-Level Neutral-Point-Clamped Inverter for Low-Voltage Renewable Energy System (Wang et al',(2014))*

For the conduction losses, there is difference when the output voltage is positive or negative levels, although it is same for .the aim is reducing conduction losses when the output voltage is zero. So, CoolMosfets are used for this purpose instead of diode+IGBT scheme as shown in Fig. 3.



**Figure 3. Proposed 3L T Type Inverter With Using CoolMosfets for (Wang et al',(2014))**

The number of the active switches increased according to conventional T type module. Four CoolMosfets are used for the same purpose instead of AC switches. So, the zero vector conduction voltage is reduced a lot and ranged from millivolts to 2 V since the mosfets are equal to resistance when they are on state. The efficiency plot in all power range is shown as Fig. 4.

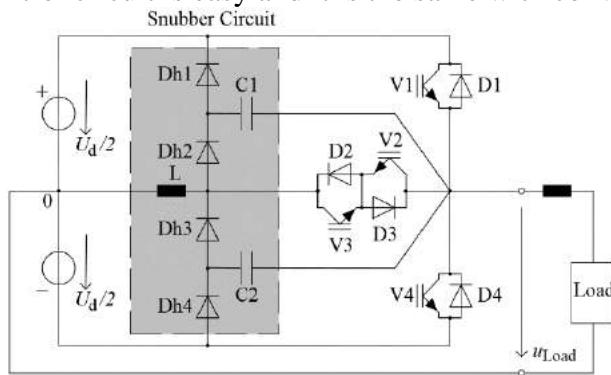


**Figure 4. Efficiency Comparison Between the Conventional and The N Diode Free T Type Inverters (Wang et al., 2014)**

Although this topology has these advantages, it is not suitable for high power and also high frequency applications. There may be occur switching losses and SS techniques may be obligatory. So, this may lead the topology complexity.

#### *Soft Switching Three Level Inverter with Passive Snubber Circuit in Gekeler, M.W.,(2011)*

At this study passive snubber cell for T type 3LI is presented as shown in Fig. 5. The snubber cell provides for the main switches Zero Current Switching (ZCS) turn on and Zero Voltage Switching (ZVS) turn off. There is no additional active switches, so the control circuit is easy and it is the same with conventional T type 3LI.

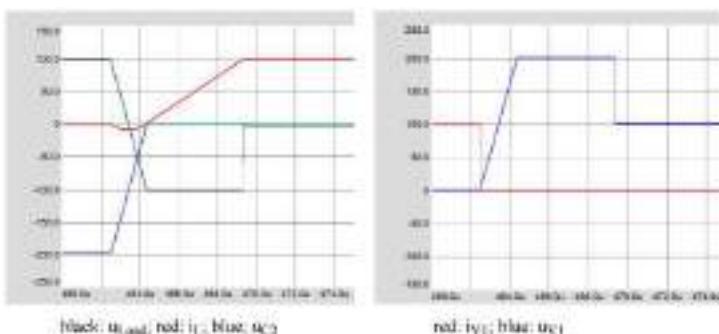


**Figure 5. The Proposed Passive Snubber Cell for T Type 3LI (Gekeler, M.W., 2011)**

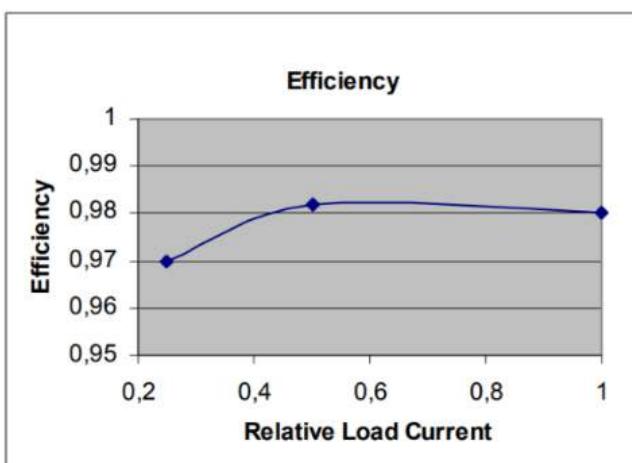
As shown in Fig. 5., the passive snubber circuit consists of four diodes Dh1-Dh4, two snubber capacitors C1 and C2, and also snubber inductance L. The snubber inductance L is connected to zero vector line.

The operation of the converter is only given for the commutation from V1 to D3. First of all, we assume that the load current is positive and V3 is on state and the other switches are off. The snubber inductance current and the voltage of the C1 is zero, when the voltage of the C2 is  $-U_d$ . The operation stages starts with turning off V1 and turning on V2. When the gate signal of V1 is cut off, a resonance path occurs through C2–D2–V2–L and  $U_d/2$  via load current. The voltage waveform of V1 is limited and the rising rate of the current of V2 is limited due to this resonance. Therefore, ZVS for V1 and ZCS for D2 is obtained. This stage ends with discharging of C2 and another stage begins. When the voltage of C2

falls zero, D4 begins to conduct. The current of the snubber inductance begin to fall linearly via  $U_d/2$ . This stage ends when the inductance current falls zero. Then the converters operates as conventional off stage of T type and the output voltage is zero. The simulation results for this commutation is given at Fig. 6. and the efficiency of the converter is given at Fig. 7.



**Figure 6. Soft Switching for The Commutation V1-D3 (Gekeler, M.W.,(2011))**

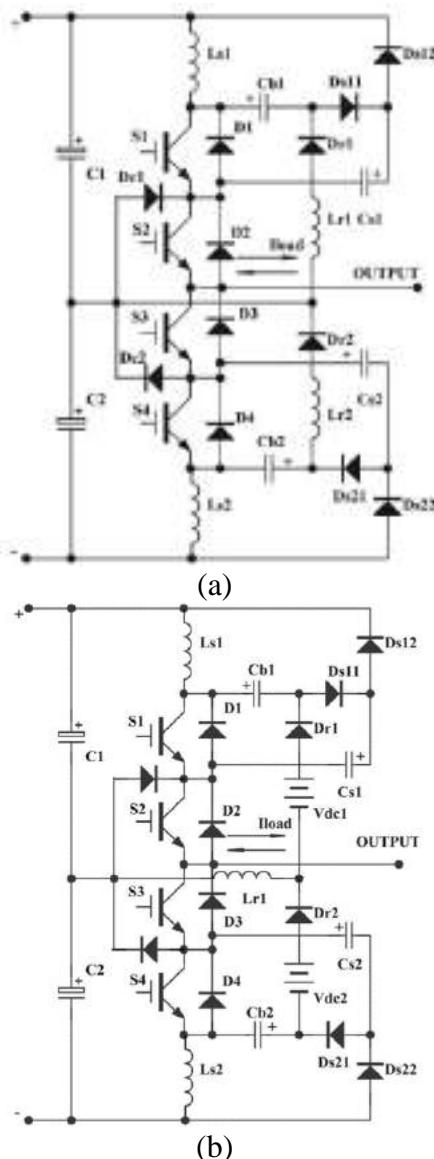


**Figure 7. The Efficiency Plot Related to Load Current (Gekeler, M.W.,(2011))**

This converter provides SS with simple passive snubber circuit. ZVS and ZCS for the semiconductors are achieved due to resonance, switching frequency is variable to reduce ripple of the load current. When using variable frequency from 12 kHz to 34 kHz the ripple at the load current minimizes.

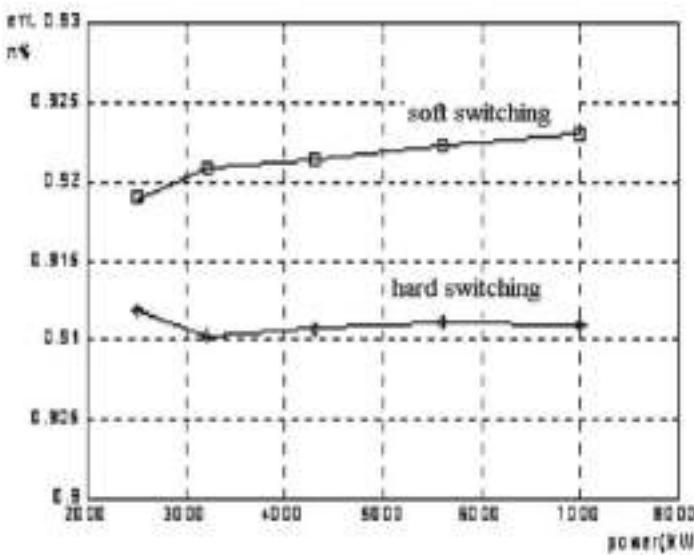
#### ***Simple Passive Snubber Lossless Snubber for High Power Multilevel Inverters for (He, X et al., (2002))***

Passive snubber cells are attractive, since they don't need additional active switches. This provides easy control and simple structure. At this study, an improved passive snubber cell is presented for I type 3LI as shown as Fig. 8(a). also with extra DC voltage sources Fig. 8(b). The passive snubber circuit consists of snubber inductance  $L_s$ , snubber capacitor  $C_S$ , buffer capacitor  $C_B$ , one energy recovery path via  $L_r$  and  $D_r$  and two diodes  $D_{S1}$  and  $D_{S2}$  (He, X et al., (2002)).



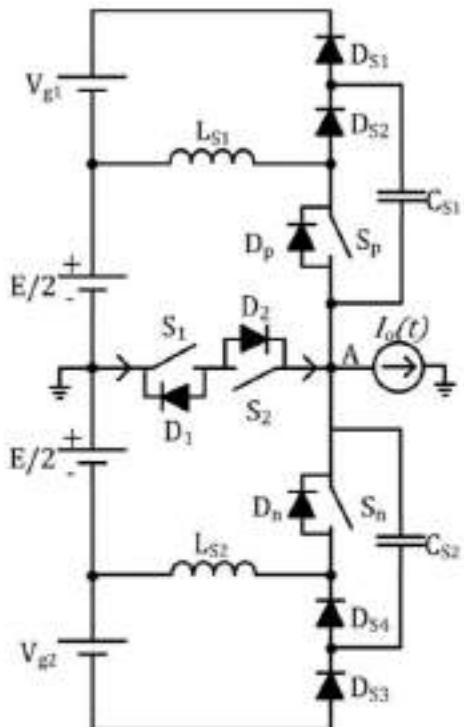
**Figure 8. The Proposed Converter (a) without DC Voltages and (b) with DC Voltages (He, X et al., (2002))**

Additional DC voltage sources provides lower voltage stresses on the active switches. But, they need to be charged before the operation stages begin. So, another converter is essential for obtaining DC voltage. This causes control complexity, cost expensive and impracticable. The efficiency diagrams via output power is shown at Fig. 9. The efficiency is about %92.



**Figure 9. The Efficiency Plot via Load Current (He, X et al., (2002))**  
*Analysis of a Snubber for The T-Type NPC Converters ( Stein, F.G. & Novaes,Y.R.(2015))*

At this study, a passive snubber for T-type inverters are presented as shown in Fig. 10. At this converter, main switches operates under SS conditions thanks to resonance. The snubber circuit has to be added for each main switches. So, at this proposed converter there are two additional dc voltage sources.



**Figure 10. The Proposed Passive Snubber Cell for T-Type Converters (Stein, F.G. & Novaes,Y.R.(2015))**

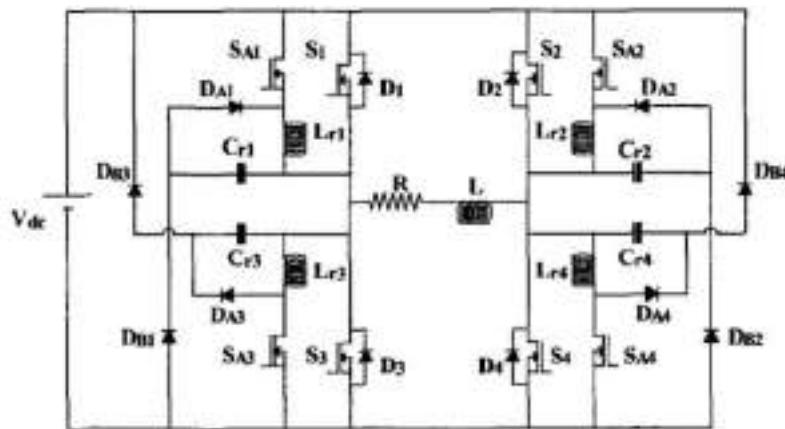
The snubber circuit consists of snubber inductance LS1, snubber capacitor CS1 and diodes DS1 and DS2. The additional DC voltage sources for positive and negative active switches are obligatory as in (He, X et al., (2002)).

Before the beginning of the operation Sp conducts the load current and the output of the inverter is E/2. The operations stages begins when the control signal of Sp is cut off. Then, a resonance begins between LS1and CS1 via E/2 and load current. Due to this resonance the voltage of Sp increases sinusoidal and ZVS is achieved for Sp. When the voltage value of the CS1 reaches the sum of E/2 and Vg, the resonance ends and LS1 processes its energy to the additional DC source. The turning off stages ends when the inductance current falls zero. The voltage stress on the main switch is high and proportional to additional DC voltage source. This source has to be chosen to discharge snubber inductance energy for soft switching. The turn on interval begins with giving gate signal of Sp. The current of the main switch begins to increase linearly and ZCS is obtained. The AC switches current falls zero and then resonance begins again. This time voltage of CS1falls zero and then inductance begins to process its energy to the DC voltage source again. When the current falls zero, the conventional turn on interval of T type begins.

Although this provides energy resetting way for snubber cells, additional dc-dc converter to generate dc voltage sources cause complex circuit structure.

#### **Two Level Full Bridge Inverter with Soft Switching without Stresses (Rodrigues,E.A. et al, (2001))**

At this converter, a new snubber cell for two level full bridge high frequency inverters are proposed as shown at Fig. 11.



**Figure 11. The Proposed Soft Switched Two Level Inverter in(Rodrigues,E.A. et al, (2001))**

This snubber cell consists of a snubber inductance, snubber capacitor, auxiliary switch and two snubber diodes. The snubber cell provides for the main switches zero voltage transition (ZVT) turn on and ZVS turn off. Besides, ZCS turn on and ZVS turn off for the auxiliary switches are achieved. The voltage and current stresses are negligible for the auxiliary switches. The soft switching energy is processed to input via snubber diodes. There is no additional voltage and current stresses for the main switches. Although this soft switching snubber cell has attractive features, this can't be applied for three level T type



converters. At the T type inverters, there occurs short circuit via snubber and main switches. Also, the snubber component values are so important for lose SS capability (Rodrigues,E.A. et al, (2001)).

## ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by Research Fund of the Yildiz Technical University. Project Number: 2015-04-02-DOP2.

## RESULTS AND FINDINGS

At this study, for minimizing conduction and switching losses and increasing system efficiency, recently improved techniques are reviewed. The conduction losses can be reduced due to using different semiconductors like CollMosfets. Besides, the switching losses can be reduced by using soft switching techniques such as ZVS or ZCS and also ZVT or ZCT. These techniques can be applied to dc-dc converters easily because they have a few semiconductors. Despite, in the converters that have more semiconductors, SS techniques can't be applied easily. At passive SS techniques, converters may have additional DC voltage sources and this makes the converter more complex and also another DC-DC converter has to be used for obtaining DC voltage.

As a result, the modular snubber cells, which have simple structure and easy to control and easy to apply, should be considered in the feature.

## REFERENCES

- Aksoy, I. Bodur, H. & Bakan, A.F. (2010)" A new ZVT-ZCT-PWM DC-DC converter", *IEEE Trans. on Power Electron.*, vol. 25, no. 8, pp. 2093-2105, doi: 10.1109/TPEL.2004.826490
- Barreto, E.M. & Mezaroba, M., Oliveria,D.S.(2011) "Single phase zvs pwm npc converter", Power Electronics Conference (COBEP), Praimar, Brazil, 2011, 560-567.
- Bodur, H. & Bakan, A.F.,(2002)" A new ZVT -PWM DC-DC converter", *IEEE Trans. on Power Electron.*, vol. (17/1), pp. 40-47,doi:10.1109/63.988668
- Bodur, H. & Bakan, A.F.,(2004)" An improved ZCT-PWM DC-DC converter for high-power and frequency applications ", *IEEE Trans. on Industrial Electron.*, (51/1), pp. 89-95, Feb. doi:10.1109/TIE.2003.822091
- Bodur, H., Cetin, S., & Yanik, G., (2011), "A new zero voltage transition pulse width modulated boost converter", *IET Power Electron.*, (4/7), pp. 827-834. doi:10.1049/iet-pel.2010.0280
- Bruckner,,T. & Bernet, S. (2001), "Investigation of a high-power three-level quasi-resonant DC-link voltage-source inverter", *IEEE Trans. on Industry Appl.*, vol. 37, no. 2, pp. 619-627,. doi: 10.1109/28.913729
- Gekeler, M.W.,(2011)"Soft switching three level inverter with passive snubber circuit (S3LI)", 14th European Power Electronics Conference (EPE), Birmingham, UK, 1-10.
- He, X., Chen, A., Wu, H., Deng, & Rongxiang, Y. Z.,(2006), "Simple passive lossless snubber for high-power multilevel inverters", *IEEE Trans. on Industrial Electron.*, (53/3) , pp. 727-735, doi:10.1109/TIE.2006.874422



- He, N., Chen, Y., Xu D., Ma K., & Blaabjerg, F.(2015), "A new zero voltage switching three-level NPC inverter ", Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), Charlotte, NC, USA, 2309-2316.
- Hu J. & Chang, J.(2006), " Modular design of soft switching circuits for two level and three level inverters", *IEEE Trans. on Power Electron.*, (21/1), pp. 131-139, doi: 10.1109/TPEL.2005.861101
- G. Hua, C.S. Leu, Y. Jiang, & F.C.Lee,(1994) "Novel zero-voltage-transition PWM converters", *IEEE Trans. on Power Electron.*, (9/2), pp. 213-219.
- Rodrigues,E.A. Coelho, E.A. A., Freitas, L.C, Vieria, J.B. Jr, &. Fairas, E.V.J , (2001) "Two level full bridge inverter with soft switching without stresses", IEEE 32nd Annual Power Electronics Specialist Conference (PESC), Vancouver, BJ, Canada,1131-1134.
- Stein, F.G. & Novaes,Y.R.(2015) "Analysis of a snubber for three level T-type NPC converter", IEEE 24th Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Rio de Janerio, Brazil, 239-244.
- Wang, Y., Shi, W.W., Xie, N., & Wang, C.M.,(2014), "Diode free T-type three level neutral-point-clamped inverter for low voltage renewable energy system", *IEEE Trans. on Industrial Electron.*, (61/11) , pp. 6168-6174,. doi:10.1109/TIE.2014.2311407



## COMPARATIVE ANALYSES OF GAS LIQUEFACTION CYCLES: ENERGY AND COST

Tuğberk Hakan Çetin<sup>1</sup>, Mehmet Kanoğlu<sup>2\*</sup>, Mehmet Fatih Orhan<sup>3</sup>, Alp Er Ş. Konukman<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Institute of Energy Technologies, Gebze Technical University, 41400 Kocaeli, Turkey

<sup>2</sup>Department of Mechanical Engineering, University of Gaziantep, 27310 Gaziantep, Turkey

<sup>\*</sup>On leave at American University of Sharjah, Sharjah, UAE<sup>3</sup>Department of Mechanical Engineering, American University of Sharjah, 26666 Sharjah, UAE

<sup>4</sup>Department of Mechanical Engineering, Gebze Technical University, 41400 Kocaeli, Turkey

### ABSTRACT

Liquefied gases have a wide variety of applications from food industry to the cryogenic energy storage systems. In this study, commonly used liquefaction systems Linde-Hampson and Claude cycles are considered for the liquefaction of various gases and their thermodynamic and economic analysis are carried out. The production capacities of liquefaction plants operating on Linde-Hampson and Claude cycles are varied between 10 tons/day and 500 tons/day. The gases to be liquefied are selected as air, nitrogen, oxygen, argon, and methane.

**Key words:** Gas liquefaction, Economic analysis, Thermodynamic analysis, Claude cycle, Linde-Hampson cycle

### INTRODUCTION

Cryogenics is the branch of engineering which deals with obtaining low temperatures and how materials behave under those temperatures. Cryogenic temperatures may be defined as those below -120°C (around 150 K). One of the important applications of cryogenics is the liquefaction of gases. Liquefied gases have a wide range of application areas from food industry to cryogenic energy storage systems such as LAES (liquid air energy storage). To liquefy any substance, temperature of the substance must be lowered below its critical point. The critical temperatures of common liquefied gases helium, hydrogen and nitrogen are -268°C, -240°C, and -147°C, respectively (Cengel and Boles, 2015). These temperatures cannot be obtained by using conventional refrigeration techniques. Advanced refrigeration cycles such as Linde and Claude cycles can be used.

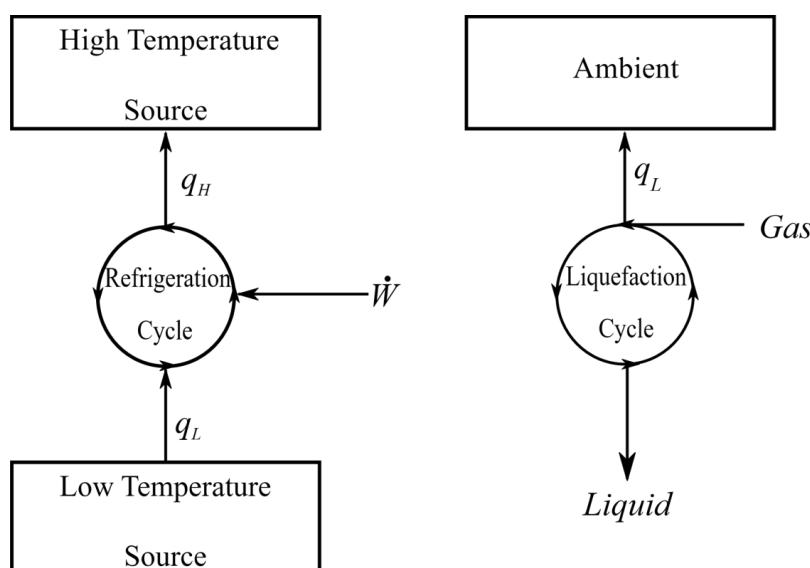
There are some books that covers thermodynamic analysis of gas liquefaction cycles (Timmerhaus & Flynn, 2013), (Barron, 1985). Kanoğlu *et al.* investigated simple Linde-Hampson cycle from first and second law point of view and defined minimum work requirement for gas liquefaction cycles by using Carnot refrigerator (Kanoğlu, Dinçer, & Rosen, 2008). Nandi and Sarangi (1993) investigated hydrogen performance of hydrogen liquefaction cycles. Thomas *et al.* (2011, 2012) analyzed effects of heat exchanger and expander performances to the helium liquefiers. Syed *et al.* (1998) studied gas liquefaction cycle economically.

The aim of this study is thermodynamic and economic analysis of gas liquefaction cycles. Commonly used liquefaction systems Linde-Hampson and Claude cycles are modeled for

the liquefaction of air, nitrogen, oxygen, argon, and methane. For each cycle, performance parameters including liquid yield, liquefaction work, coefficient of performance, and the second law of efficiency are evaluated. For economic analysis, the liquefaction capacities are varied between 10 tons/day and 500 tons/day. Capital costs, operating and maintenance costs, electricity costs and cost of liquefied products are evaluated.

## THERMODYNAMIC ANALYSIS

In refrigeration cycle, working fluid, referred as refrigerant, continuously flow in a cycle. Therefore, there is no refrigerant leaving the cycle. In contrast of refrigeration cycles, gas liquefaction cycles are open cycles, strictly speaking not a complete cycle. Liquefied portion of gas leave the cycle and heat exchangers operate in unbalanced conditions. Schematic representation of refrigeration and gas liquefaction cycles are given in Figure 1.



**Figure 1. Schematic representation of refrigeration and liquefaction cycles**

Due to their complexity and low second law of efficiency, understanding thermodynamic performances of this cycle is a necessity. In this section, simple Linde-Hampson and Claude cycles will be investigated under following assumptions.

All considered cycles are operating under steady state condition.

There is no heat leakage or pressure drop in the cycle

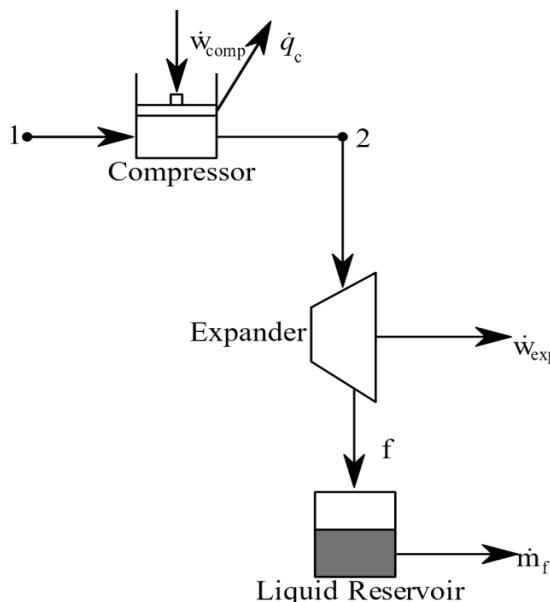
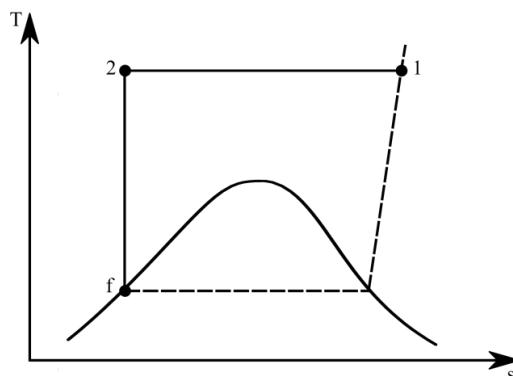
Compressors are assumed to be isothermal or have an isothermal efficiency of 80%.

Minimum temperature difference in all heat exchangers is 1 K.

Expanders have an isentropic efficiency of 80%.

### Ideal Gas Liquefaction Cycle

Ideal liquefaction cycle utilizes isothermal compression followed by isentropic expansion process. The schematic representation and T-s diagram of the cycle are shown in Figures 2 and 3, respectively.


**Figure 2. Schematic representation of ideal gas liquefaction cycle**

**Figure 3. Temperature-entropy diagram of the ideal gas liquefaction cycle**

Applying general energy and entropy balance for the ideal gas liquefaction cycle yield reversible work for gas liquefaction systems.

$$h_1 + \dot{w}_{comp} = \dot{w}_{exp} + h_f + \dot{q}_c \quad (1)$$

$$\dot{q}_c = T_0(s_1 - s_f) \quad (2)$$

$$\dot{w}_{rev} = h_f - h_1 - T_0(s_f - s_1) \quad (3)$$

Since the state f is the saturated liquid at the pressure of state 1, Eq. (3) yields an important result that the minimum work requirement to liquefy a gas depends on only types of fluid and temperature and pressure of the state 1. In Table 1 minimum work requirements for commonly used liquefied gases are given at the condition of 25°C and 101.325 kPa.

**Table 1:** Minimum work requirement for liquefaction of commonly used gases

Gas	Minimum requirement for liquefaction $w_{rev}$ (kJ/kg)	work Reversible Coefficient of Performance $COP_{rev}$
Air	732.6	0.5794
Nitrogen	761.6	0.5663



Oxygen	629.1	0.6429
Argon	492.3	0.5703
Methane	1080	0.8425
Fluorine	564.2	0.6088
Hydrogen	11982	0.3281
Helium	6788	0.2289

The ideal liquefaction cycle provides minimum work to liquefy any gas. But ideal system is not practical due to the extremely high pressure should delivered to the working fluid (for air it's around  $10^7$  kPa). With the existing technology, it is impossible to achieve these high pressures (Timmerhaus & Flynn, 2013).

Besides its impracticality, ideal gas liquefaction cycle provides a means of determining the second law efficiency which is a comparison between ideal and actual systems.

$$\eta_{II} = \frac{W_{rev}}{W_{actual}}$$

(4)

Eq. (4) can also be represented in terms of coefficient of performance of ideal and actual system,

$$\eta_{II} = \frac{COP_{actual}}{COP_{rev}}$$

(5)

### Linde Hampson Cycle

Simple Linde Hampson cycle has the simplest set-up among all other liquefaction cycles but suffer from low second law efficiencies. Simple Linde-Hampson cycle consist of one isothermal compressor, one heat exchanger and one expansion valve. Schematic representation and T-s diagram of the Simple Linde-Hampson cycle are given in the Figures 4 and 5, respectively.

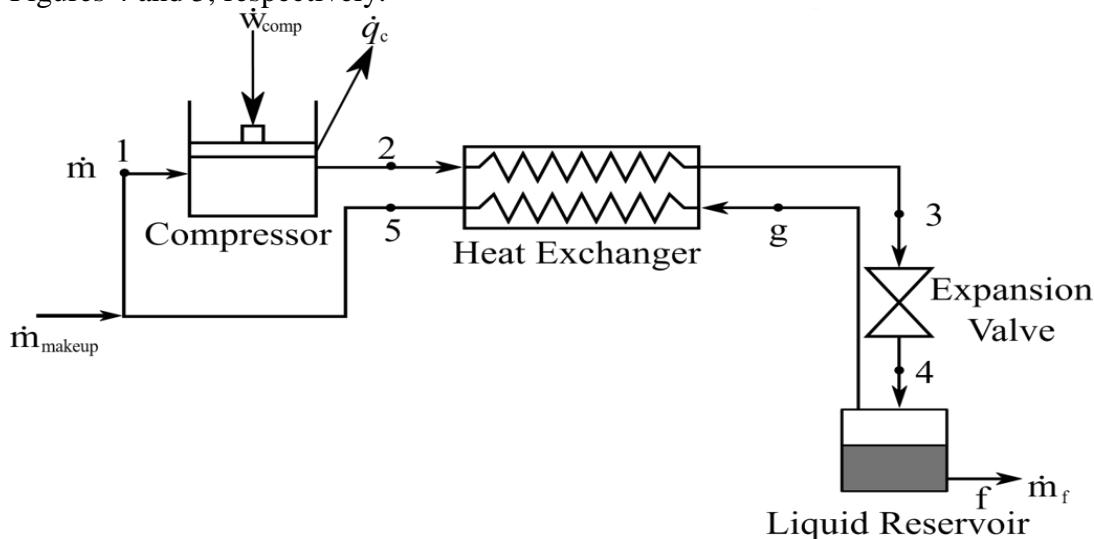
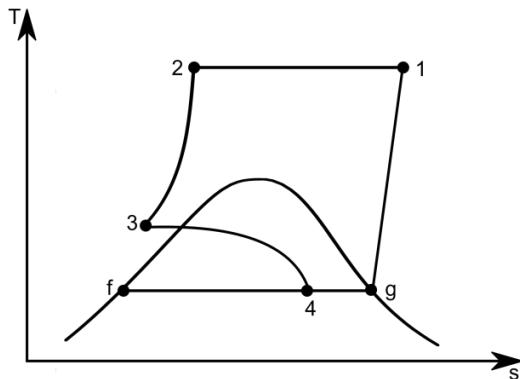


Figure 4: Schematic representation of Simple Linde Hampson Cycle



**Figure 5: Temperature-entropy diagram of Simple Linde Hampson cycle**

Refrigeration effect produced per unit mass of liquefaction can be determined from the heat rejected from makeup gas in order to turn into a liquid state f. Assuming ideal operation in heat exchanger ( $0^{\circ}\text{C}$  temperature difference at hot end), the refrigeration effect per unit mass of the liquefied gas can be expressed as

$$q_L = h_1 - h_2 \quad (6)$$

Also, refrigeration effect per unit mass of gas in the cycle may be expressed as

$$q_L = h_1 - h_2 \quad (7)$$

Cold box of any liquefaction system can be defined as where the main liquefaction process takes place. In simple Linde Hampson cycle cold box consist of heat exchanger, J-T valve and liquid reservoir. General energy balance on cold box in ideal operation assumed in heat exchanger gives

$$\dot{m}h_2 = (\dot{m} - \dot{m}_f)h_1 + \dot{m}_f h_f \quad (8)$$

Rearranging Eq. (8) gives the mass fraction of the liquefied gas in the cycle

$$y = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_f} \quad (9)$$

Quantity y also can be written as

$$y = \frac{\dot{m}_f}{\dot{m}} \quad (10)$$

Energy balance on heat exchanger gives

$$h_2 - h_3 = (1 - y)(h_5 - h_g) \quad (11)$$

Isenthalpic expansion in J-T valve yields

$$h_3 = h_4 \quad (12)$$

Quality of the mixture at state for also can be written as in terms of fraction of liquid yield

$$x_4 = 1 - y \quad (13)$$

General energy balance on isothermal compressor gives the compression work per unit mass of gas in the cycle

$$w_{actual} = h_2 - h_1 - T_i(s_2 - s_1) \quad (14)$$

If we divide the net work of liquefaction cycle to the liquid yield, the result gives us liquefaction work (in other words work consumed by cycle in order to produce unit mass of liquefied gas). Liquefaction work is important parameter for any liquefaction cycle and may expressed as

$$w_{liq} = \frac{W_{net}}{y}$$

(15)

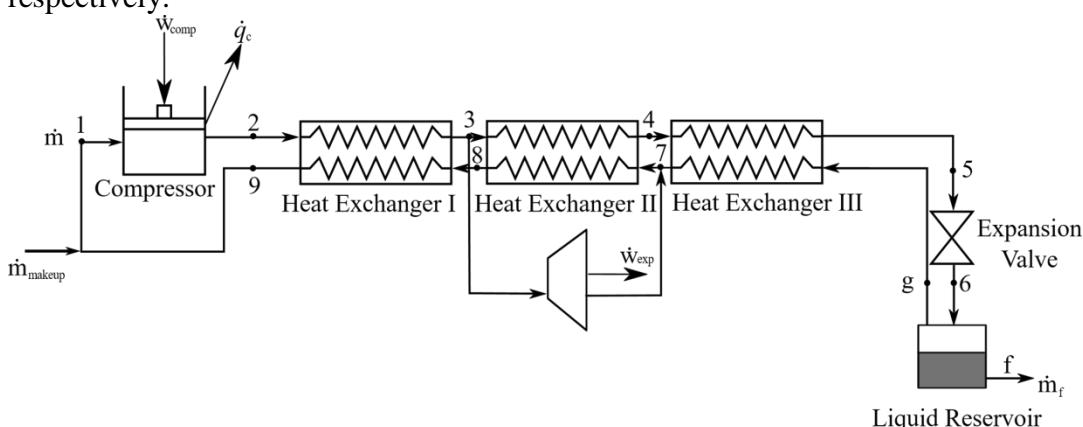
In Table 2, performance data of the simple Linde-Hampson cycle are given for gas at atmospheric condition compressed to the 20 MPa. As can be seen from the table, specific liquefaction work requirement is extremely high in simple Linde-Hampson cycle. There are some modifications to improve the performance of the cycle such as precooled Linde-Hampson cycle which use auxiliary refrigeration cycle to produce more refrigeration effect or Linde Dual-pressure cycle which use staged compressors to decrease work requirement (Barron, 1985).

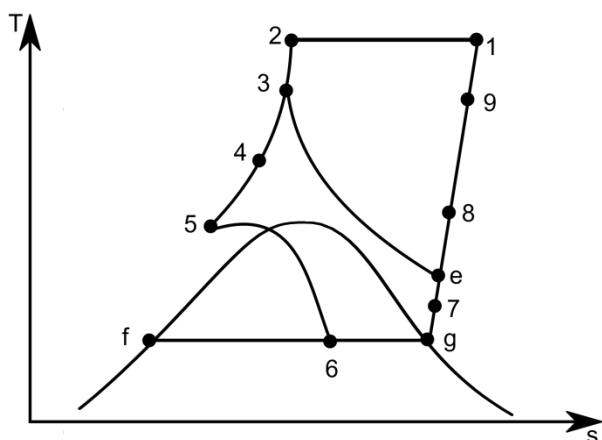
**Table 2: Performance data of Linde Hampson cycle**

	Air	Nitrogen	Oxygen	Argon	Methane
Liquid Fraction y	0.08079	0.07386	0.1061	0.1212	0.1984
Refrigeration effect q <sub>L</sub> (kJ/kg liq)	34.29	31.85	42.90	33.02	180.52
Refrigeration effect q <sub>L</sub> (kJ/kg gas)	424.4	431.3	404.4	272.5	909.9
Compressor work	565.1	587.1	503.9	404	968.4
W <sub>comp</sub> (kJ/kg)					
liquefaction work	6994.6	7948.8	4749.2	3333.3	4881.0
W <sub>liq</sub> (kJ/kg)					
COP	0.0606	0.0542	0.0851	0.0817	0.1864
Second law efficiency η <sub>II</sub>	0.1047	0.09581	0.1324	0.1417	0.2212

### Claude Cycle

A large amount of available work in the liquefaction cycles are destroyed during the isenthalpic expansion process. Claude cycle utilize both isenthalpic and isentropic expansion processes in order to increase refrigeration effect produced. The schematic representation and T-s diagram of the Claude cycle are given in Figure 6 and 7, respectively.


**Fig. 6. Schematic representation of Claude cycle**



**Fig. 7. Temperature-entropy diagram of Claude cycle**

In Claude cycle, gas is compressed to 4-6 MPa and then passed through the first heat exchanger. After that, around 60-80 percent of the gases are diverted into the expander where the gas is expanded isentropically in order to produce the refrigeration effect. This diverted stream returns to the cycle at state 7. The stream to be liquefied is cooled in the second and third heat exchangers and expands in expansion valve.

For Claude cycle, the refrigeration effect per unit mass of the liquefied gas can be expressed as

$$q_L = h_1 - h_2 \quad (16)$$

The refrigeration effect per unit mass of gas can be written as

$$q_L = h_1 - h_2 + r(h_3 - h_e) \quad (17)$$

Expression 'r' in eq. (17) represent the fraction of mass diverted to the expander and can be written as

$$r = \frac{m_e}{m} \quad (18)$$

For Claude cycle, quality of state 6 can be written as

$$x_6 = (1 - y)(1 - r) \quad (19)$$

Liquid yield for Claude cycle expressed as

$$y = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_f} + r \frac{h_3 - h_e}{h_1 - h_f} \quad (20)$$

In Eq. (20), the first term in the right side of the equation is the liquid yield expression of the Linde cycle. The second term is the refrigeration effect produced by the expansion process.

Energy balances on heat exchanger I, II, and III are given respectively as

$$h_2 - (1 - y)h_8 = h_3 - (1 - y)h_9 \quad (21)$$

$$(1 - r)h_3 + (1 - y)h_7 = (1 - r)h_4 + (1 - y)h_8$$

$$(22)$$

$$(1 - r)h_4 + (1 - y - r)h_g = (1 - r)h_5 + (1 - y - r)h_7$$

$$(23)$$



Liquid yield also can be written in this manner

$$y = (1 - r)(1 - x_6)$$

(24)

Net work of the cycle can be expressed as

$$w_{net} = h_2 - h_1 - T_0(s_2 - s_1) - r(h_3 - h_e)$$

(25)

For thermodynamic analysis, gas at atmospheric conditions (25°C and 101.325 kPa) is compressed to 4 MPa. The fraction of the mass to the expander is taken as 0.7. In Table 3, performance parameters for various working fluids are given.

**Table 3: Performance data of the Claude cycle for various fluids**

	Air	Nitrogen	Oxygen	Argon	Methane
Liquid Fraction y	0.1933	0.2395	0.2386	0.2572	0.2620
Refrigeration effect q <sub>L</sub> (kJ/kg liquid)	82.1	103.2	99.4	72.2	238.1
Refrigeration effect q <sub>L</sub> (kJ/kg gas)	424.4	431.3	404.4	280.7	909.9
Compressor work w <sub>comp</sub> (kJ/kg)	390.7	404.7	352.3	283.2	693.5
Expander work w <sub>exp</sub> (kJ/kg)	68.91	93.6	84.0	63.3	84.0
liquefaction work w <sub>liq</sub> (kJ/kg)	1664.7	1298.9	1124.4	854.9	2326.3
COP	0.2549	0.3320	0.3596	0.3283	0.3911
Second law efficiency η <sub>II</sub>	0.4399	0.5862	0.5593	0.5756	0.4642

As can be seen from Table 3, adding an expander to the cycle significantly increases the refrigeration effect. As a result, liquid yield increases and liquefaction work decreases.

## COST ANALYSIS

We present a methodology for the economic analysis and comparison of gas liquefaction cycles.

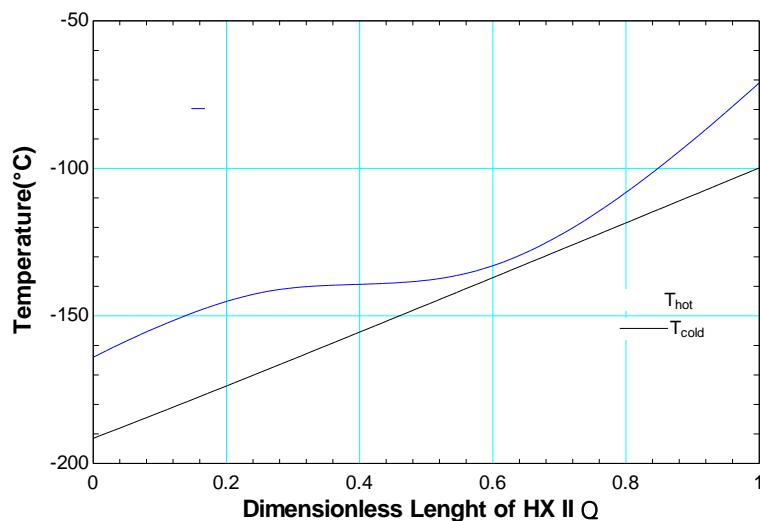
### Sizing and Cost Estimation for Equipment

Equipment sizing and cost estimation are carried out with the help of literature (Couper, Penney, Fair, & Walas, 2012), (Seider, Seader, & Lewin, 2003).

Most of the losses in liquefaction cycles occur in the compressor and heat exchangers. The performance of these components directly effects the system performance. Reciprocating compressor is chosen in this analysis. For heat exchangers, we calculated required heat transfer surface area using EES Compact Heat Exchanger Library (Klein & Alvarado,

2015). This library provides overall heat transfer coefficients for chosen heat exchanger type. In this study, plain plate-fin type heat exchanger is chosen and heat transfer area is calculated with log mean temperature difference method.

Around critical pressure and temperature, specific heat of substances varies considerably, which cause internal pinch point in a heat exchanger as in Figure 8. Soyars (1994) investigated the applicability of constant properties to cryogenic helium heat exchangers and found that using constant property assumption in sizing cause considerable errors. In the second heat exchanger of Claude cycle, internal pinch may occur. Special treatment is needed for heat exchangers with internal pinch point.



**Fig. 8: Temperature distribution along the heat exchanger II of the Claude cycle for air**

Due to varying specific heat values, the effectiveness of the heat exchanger should be defined using enthalpy differences:

$$\varepsilon = \frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_{max}} = \frac{\dot{m}_{cold} (h_{c,out} - h_{c,in})}{\dot{Q}_{max}} = \frac{\dot{m}_{hot} (h_{h,in} - h_{h,out})}{\dot{Q}_{max}}$$

(27)

Maximum possible heat transfer rate depends on which side has lower heat capacity and can be written as

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{max} &= \dot{m}_{cold} (h_{c,out@T_{h,in}} - h_{c,in}) \\ (28) \quad \dot{Q}_{max} &= \dot{m}_{hot} (h_{h,in} - h_{h,out@T_{c,in}}) \end{aligned}$$

(29)

For heat exchanger with internal pinch point, heat exchanger should be divided in equal parts and governing equation can be written as:

$$\dot{Q} = UA_i \Delta T_{LMTD,i} \quad (30)$$

In equation (30), U denotes overall heat transfer coefficient,  $A_i$  area of the  $i^{\text{th}}$  part and  $\Delta T_{LMTD,i}$  log-mean temperature difference of  $i^{\text{th}}$  part of heat exchanger.



Vessels are assumed as one hour of product storage capacity and sizing is done based on this assumption. The cost of the valve is not considered due to its minor effect on the total cost.

### Cost of Liquefied Product

After sizing and cost estimation of the components, all direct and indirect costs are estimated and capital cost is determined. Capital costs cover all of the purchased equipment costs, equipment installation, piping, engineering and supervision, and construction costs.

Operating and maintenance (O&M) cost depends on working regime of the plants. O&M cost can be estimated as 2-3.5% of the capital cost. In this study, O&M cost is assumed as 3.5% of the capital cost of the system. Cost of electricity is one of the main cost in the liquefaction cycles. As the production rate increases, cost of the liquefied product increases accordingly. Electricity cost is highly depending on performance of the cycle. Therefore, any improvement in cycle efficiency directly affects cost of the liquefied product. The annual electricity cost is given by

$$U_{\text{electricity}} = \dot{W} C_e H$$

(31)

where  $H$ , is the operating hours, in years,  $C_e$  is the cost of electricity in \$/kWh. In this study, plant capacity factor assumed as 90% (7884 hours/year) and cost of the electricity assumed as 0.09\$/kWh.

The leveled capital cost can be written as

$$U_{\text{capital}} = CC \frac{i}{1 - (1+i)^{-n}}$$

(32)

where  $CC$  is capital cost,  $i$  is the interest rate and  $n$  is the expected economic life. In our study, interest rate is assumed as 9% and expected economic life assumed as 20 years.

## RESULTS AND DISCUSSION

Cost of liquefied products for Linde and Claude cycle are given in Table 4 and 5, respectively. Costs of liquefied air for 10 tons/day capacity are \$186/ton and \$65/ton for Linde and Claude cycle, respectively. For 500 tons/day capacity, the cost is reduced to \$138\$/ton and \$46/ton for Linde and Claude cycle, respectively. As can be seen from the tables, cost of liquefied products is much lower in Claude cycle than in Linde cycle mainly due to the use of the expander that produces additional refrigeration effect in the cycle. The cost of the liquefied product decreases as the system production capacity increases.

In Figure 9, effects of expander isentropic efficiency on the liquid yield and cost of liquefied product are given.

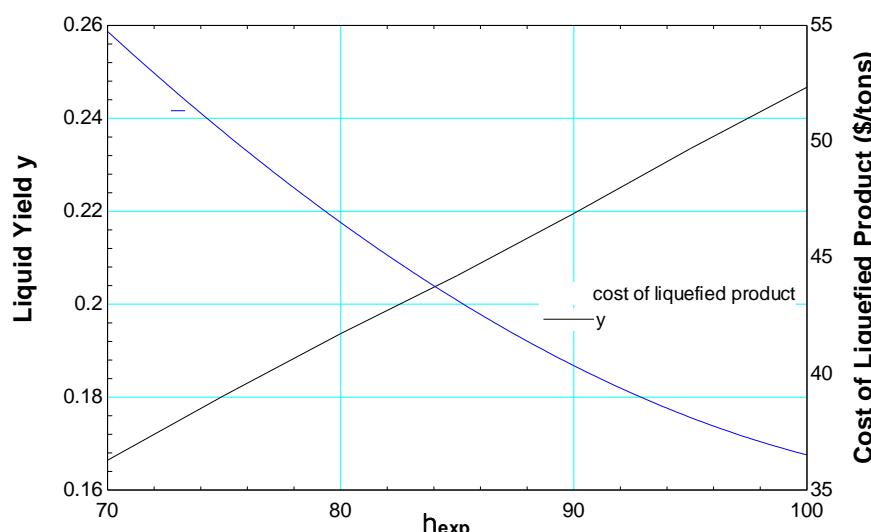
**Table 4: Cost of the liquified product for simple Linde-Hampson cycle**

	Cost of liquefied product (\$/ton)	Cost of electricity (\$/ton)
Production capacity (tons/day)	10	500
Air	186.1	138.1 125.6

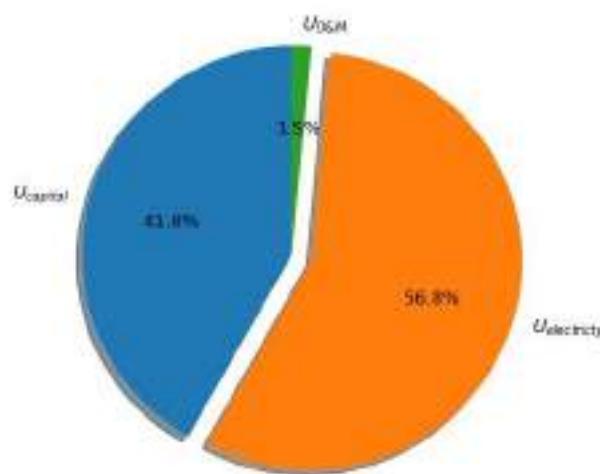
Nitrogen	208.3	156.5	143
Oxygen	139.7	95.5	85.2
Argon	101.4	68.3	6
Methane	139.7	98.1	87.8

**Table 5: Cost of the liquefied product for Claude cycle**

	Cost of liquefied product (\$/ton)	Cost of electricity (\$/ton)
Production capacity (tons/day)	10	500
Air	65.98	45.82 37.45
Nitrogen	47.82	26.08 19.48
Oxygen	69.49	30.12 16.86
Argon	55.80	23.53 12.82
Methane	111.28	54.58 34.89

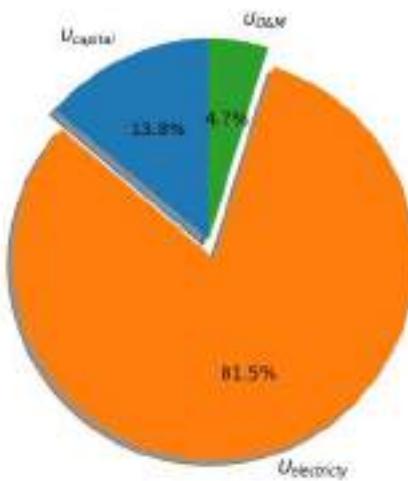

**Fig. 9: Effect of expander isentropic efficiency on the cost of liquefied product and liquid yield for air**

In gas liquefaction cycles, electricity cost is the most significant cost that affects the cost of the liquefied product. As the production capacity increases, the share of electricity cost becomes more dominant. Figures 10 and 11 show the percentages of annual costs for the capacities 10 tons /day and 500 tons/day for Claude Cycle.



**Fig. 10: Percentages of annual costs for 10 tons/day production capacity in Claude system**

For 10 tons/day production capacity in Claude system, 56% of the total annual cost is due to electricity. For 500 tons/day production capacity, the share of this cost increases to 81.5%. Percentage of leveled capital cost decreases from 41.8% to %13.8 and operating & maintenance cost increases from 1.5% to 4.7%.



**Fig. 11: Percentages of annual costs for 500 tons/day production capacity in Claude system**

## CONCLUSIONS

In this study, simple Linde-Hampson and Claude cycles are considered and their thermodynamic and economic point evaluation are performed. Claude cycle has better performance both thermodynamically and economically and it is more suitable for medium and large-scale applications. Isentropic expansion process with isenthalpic expansion is



much more efficient both thermodynamically and economically and much more suitable for large-medium scale applications. Cost of the liquefied product decreases as the production capacity increases. It is also determined that the cost of the liquefied product is mainly affected by the electricity cost, and that as the system production capacity increases, the share of electricity cost becomes even more important.

## NOMENCLATURE

CC	:Capital cost (\$)
Ce	: Electricity cost(\$/kW-h)
COP	:Coefficient of Performance
h	: Specific enthalpy (kJ/kg)
H	:Annual Operating Hours (hours/year)
i	: Annual Tax rate (%)
m	: Mass Flow rate (kg/s)
n	: Expected Economic Life (year)
P	:pressure (kPa)
r	: Mass Fraction Diverted to the Expander
s	: Specific entropy (kJ/kg-K)
T	:Temperature (K, °C)
U	:Annual Cost-Overall Heat Transfer Coefficient (\$/year)-(kW/m <sup>2</sup> -K)
y	: Liquid Yield (m <sub>f</sub> /m)
w	: Specific Work (kJ/kg)
w <sub>liq</sub>	: Specific Liquefaction Work (kJ/kg)
w <sub>rev</sub>	: Reversible work (kJ/kg)
η <sub>II</sub>	:Second Law Efficiency
ε	:Effectiveness

## REFERENCES

- Barron, Randall F.(1985).*Cryogenic systems*. New York : Oxford [Oxfordshire] :Oxford UniversityPress ; ClarendonPress,
- Bejan, A. (2006). *Advanced Engineering Thermodynamics*. America. Retrieved from <http://www.amazon.com/dp/1439805725>
- Bejan, A., Tsatsaronis, G., & Moran, M. (1996). *Thermal Design and Optimization. Thermal Design and Optimization*. [https://doi.org/10.1016/S0140-7007\(97\)87632-3](https://doi.org/10.1016/S0140-7007(97)87632-3)
- Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2015). *Thermodynamics: an Engineering Approach 8th Edition*. McGraw-Hill. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Couper, J. R., Penney, W. R., Fair, J. R., & Walas, S. M. (2012). *Chemical Process Equipment. Chemical Process Equipment*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-396959-0.00009-4>
- Kanoglu, M., Dincer, I., & Rosen, M. A. (2008). Performance analysis of gas liquefaction cycles. *International Journal of Energy Research*, 32(1), 35–43. <https://doi.org/10.1002/er.1333>
- Klein, S., & Alvarado, F. (2015). EES, Engineering Equation Solver. *F-Chart Software, Box*. Retrieved from [www.f-chart.com](http://www.f-chart.com)



- Nandi, T. K., & Sarangi, S. (1993). Performance and optimization of hydrogen liquefaction cycles. *International Journal of Hydrogen Energy*, 18(2), 131–139. [https://doi.org/10.1016/0360-3199\(93\)90199-K](https://doi.org/10.1016/0360-3199(93)90199-K)
- Peters, M. S., & Timmerhaus, K. D. (1991). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*.
- Seider, W. D., Seader, J. D., & Lewin, D. R. (2003). *Product & Process Design Principles - Synthesis, Analysis & Evaluation. chemistry.*
- Soyars, W. M. (1994). Fermi National Accelerator The Applicability Cryogenic of Constant Property Analyses Helium Heat Exchangers.
- Syed, M. (1998). An economic analysis of three hydrogen liquefaction systems. *International Journal of Hydrogen Energy*, 23(7), 565–576. [https://doi.org/10.1016/S0360-3199\(97\)00101-8](https://doi.org/10.1016/S0360-3199(97)00101-8)
- Thomas, R. J., Ghosh, P., & Chowdhury, K. (2011). Role of expanders in helium liquefaction cycles: Parametric studies using Collins cycle. *Fusion Engineering and Design*, 86(4–5), 318–324. <https://doi.org/10.1016/j.fusengdes.2011.02.041>
- Thomas, R. J., Ghosh, P., & Chowdhury, K. (2012). Role of heat exchangers in helium liquefaction cycles: Simulation studies using Collins cycle. *Fusion Engineering and Design*, 87(1), 39–46. <https://doi.org/10.1016/j.fusengdes.2011.08.009>
- Timmerhaus, K. D., & Flynn, T. M. (2013). *Cryogenic Process Engineering*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/B0-12-227410-5/00156-3>



## EXPERIMENTAL SECOND LAW ANALYSIS OF A GAS TURBINE

Ali KILIÇARSLAN  
Hitit University  
alikilicarslan@hitit.edu.tr

Mehmet KİRİŞ  
Gelir İdaresi Başkanlığı  
hmehmetkiris@gmail.com

**ABSTRACT:** Nowadays, the importance of electricity generating systems by means of renewable energy such as wind and sun has been increasing because of decreasing amount of fossil fuels, but a large part of the need for electricity from fossil-based fuels are provided by power plants. In power generating plants, the emissions of power plants are considered as important parameters that must be taken into consideration. In this context, the power plants operating with natural gas as a fuel are preferred to the thermal power plants operating with coal. Natural gas-fired gas turbine cycle power plants are also one of the ways to produce heat and power efficiently, that is, to generate energy efficiently. In this study, a natural gas-fired gas turbine that produces electricity in a private factory in the city of Çorum, Turkey was analyzed at increasing outside temperatures of -2.7 ° C to 7.5 ° C based on the second law of thermodynamics. The gas turbine data related to the operating conditions, belonging to the month of March was provided by the private company. A computer program was developed using EES software to perform the analysis. At increasing outside temperatures of between -2.7 ° C and 7.5 ° C, it was found that the amount of entropy produced in the compressor, turbine and combustion chamber decreased and there is not much change in the exergy efficiency of the compressor, turbine and combustion chamber. The maximum exergy efficiency was 91% in the compressor while the minimum exergy efficiency was 11.5% in the boiler.

**Key words:** Gas turbine, second law, exergy, exergy efficiency



## AERODYNAMIC ANALYSIS OF A RC AIRPLANE

İbrahim GÖV  
Gaziantep University  
[igov@gantep.edu.tr](mailto:igov@gantep.edu.tr)

**Abstract:** In this study, lift force and drag force of a RC airplane was calculated using computational fluid dynamic (CFD) analysis. NACA 2412 airfoil was used for wing design. When the aircraft is moving into the air, it subjects to aerodynamic forces. These aerodynamic forces are the drag, lift, and thrust forces. Drag force produces a resistant to relative motion. Lift is the force that directly opposes the weight of an airplane and holds the airplane in the air. Thrust is generated by the engines of the aircraft through some kind of propulsion system. Drag and lift forces were investigated at maximum speed to represent the aerodynamic performance of a RC airplane.

**Key words:** RC airplane, Aerodynamic analysis, Drag force, Lift force.

## INTRODUCTION

In the design stage of airplanes, aerodynamic analysis is very important step of the design. After performing the aerodynamic analysis, lift force and drag force values are determined. Lift force must be maximized and drag force must be minimized to increase fuel efficiency. In the literature, many different studies are existing due to the aircrafts. Some of them are related to structural parts, hydraulic systems and brake systems analysis. Some of them are associated with fatigue, aerodynamic and dynamic behavior.

Hedges et. al. (2002) studied on the flow around a generic airliner landing gear truck using the methods of Detached-Eddy Simulation, and of Unsteady Reynolds-Averaged Navier-Stokes Equations, with the Spalart-Allmaras one-equation model. Comparison of experimental and calculated results is performed. It is seen that simulation can give the pressure of wheels correctly.

A general aviation airplane was designed and analyzed. A three-dimensional layout of the airplane was created using RDS software based on conic lofting. Static stress analysis was performed for wing design purposes. Using the finite element software package COMSOL, the calculated aerodynamic loads were applied to the wing to check the wing reliability (Atmeh et al., 2010).

A wing is a surface used to produce an aerodynamic force normal to the direction of motion by traveling in air or another gaseous medium. A wing is an extremely efficient device for generating lift. Its aerodynamic quality, expressed as a Lift-to-drag ratio, can be up to 60 on some gliders and even more. This means that a significantly smaller thrust force can be applied to propel the wing through the air in order to obtain a specified lift (Chitte et al., 2013). So, in the literature many different study is exist about the aerodynamic force analysis.

Doğru and Güzelbey (2014) studied on static thrust calculation of ducted fan in various speeds. They used two experimental method to obtain static thrust. In the first method, the



duct fan was placed in the pipe regarding to drill some static tapping holes on the pipe. Static pressure was measured and the thrust of the duct fan has been obtained from this measurement. In the second method, a spring system was established for getting duct fan thrust force.

A landing gear is designed by using CAD software and structural safety for static and spectrum loads is analyzed using ANSYS by Imrana et. al. (2015). The maximum possible loads applied through RBE3 connection at the axle end spreading to wheel base. The composite material is used to check the strength of the landing gear for self-weight, static loads, modal conditions and shock spectrum loads as per mil standards. The results show lesser stresses and deflections with composite material.

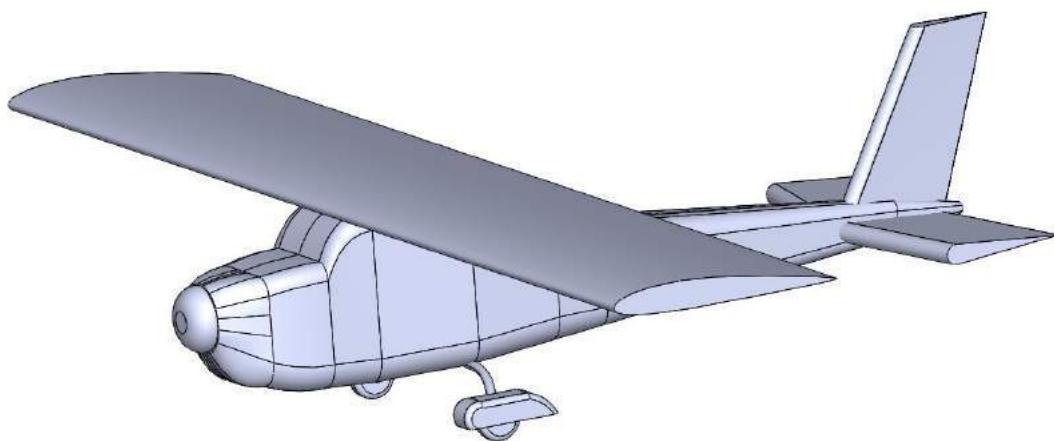
Doğru et. al. (2016) investigated the static thrust analysis by experimentally. The static thrust value was obtained experimentally under the effect of the ducted fan, which is located inside the ground effect region. The thrust of the ducted fan was measured using two different experimental methods. In the first method, the static pressure measurement system was used to calculate the thrust. The spring method was used in the second method to calculate the thrust. They obtained that the lift force decreased, as expected.

Velocity distribution and turbulence energy were investigated for the projectiles on different tip shapes by using SolidWorks Flow Simulation CFD analysis. Three different projectile nose shapes were examined in the study. Initial velocity was accepted to be 500 m/s for all situations. At the end of the study, velocity and pressure distribution on the penetrators in different tip geometries were obtained. The maximum velocity decrease at the tip of penetrator was found to be as 57.5% for the rounded type projectile (Doğru, 2017).

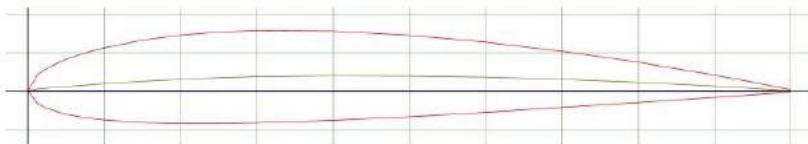
At the end of the literature survey, it is seen that many studies exist related with airplanes. Such as analysis of the hydraulic systems, brake systems and structural parts were performed. Lift force and drag force values are very critic specification for fuel efficiency of an airplane. So, this study concentrated on aerodynamic analysis of a RC airplane to calculate lift force and drag force.

## ANALYSES

All analyses are performed using SolidWorks Flow Simulation program. Drag force and lift force on a RC airplane (in figure 1) are obtained by using aerodynamic analyses. NACA 2412 airfoil (in figure 2) is used for wing design. Cruse speed is taken as 30 m/s and angle of attack is taken as 0°, 5°, 10°, 15°, and 20°.



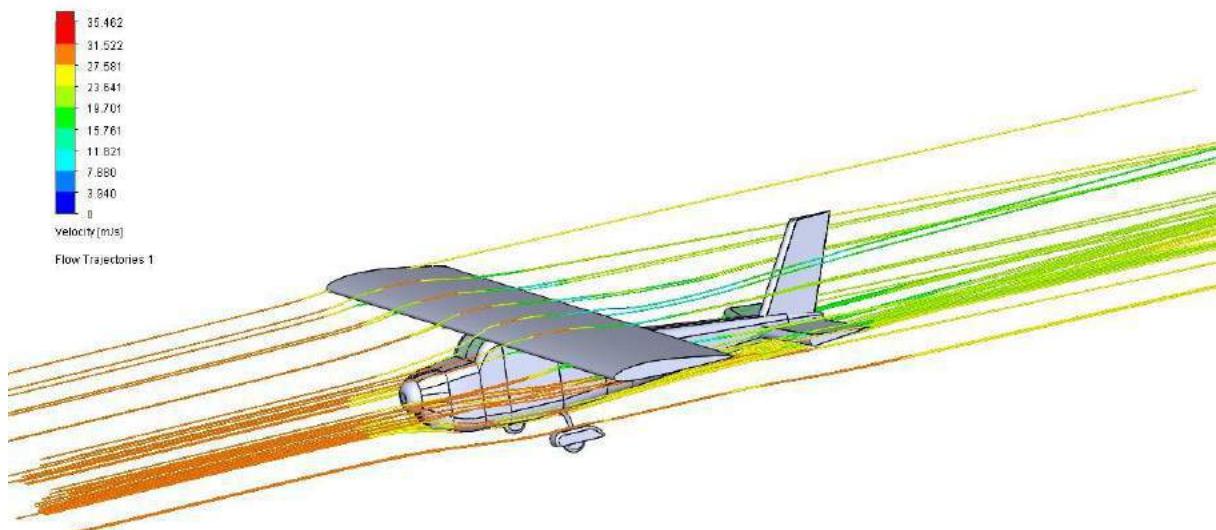
**Figure 1. Solid Model of Airplane (Adiwibowo B., 2013)**



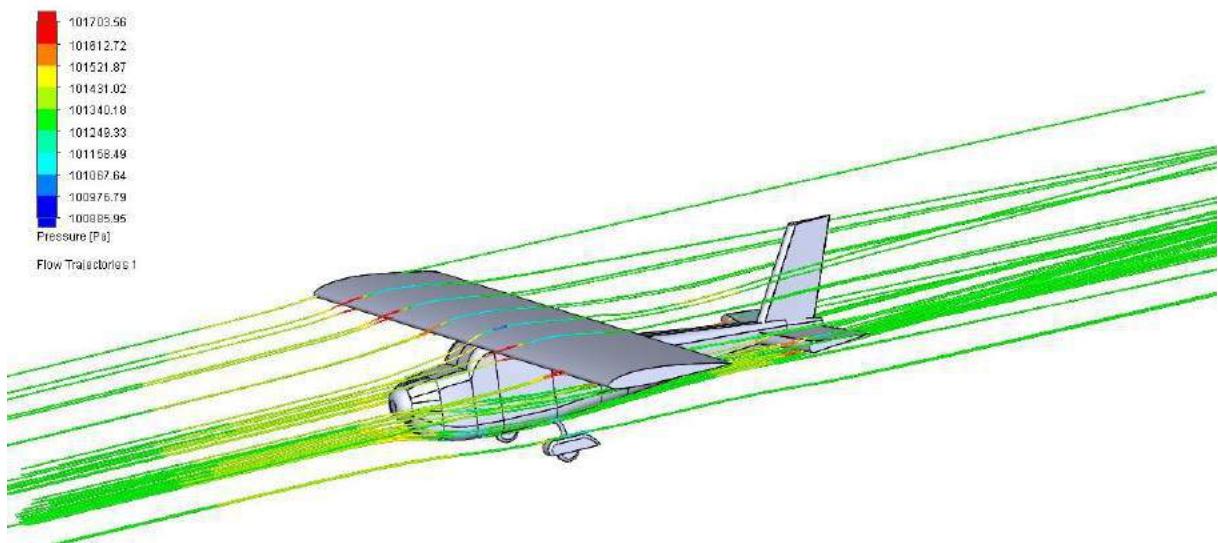
**Figure 2. NACA 2412 Airfoil (AirfoilTools, 2017)**

## RESULTS

Flow trajectories of velocity and pressure at 0° AoA on airplane are given in figure 3 and figure 4 respectively.

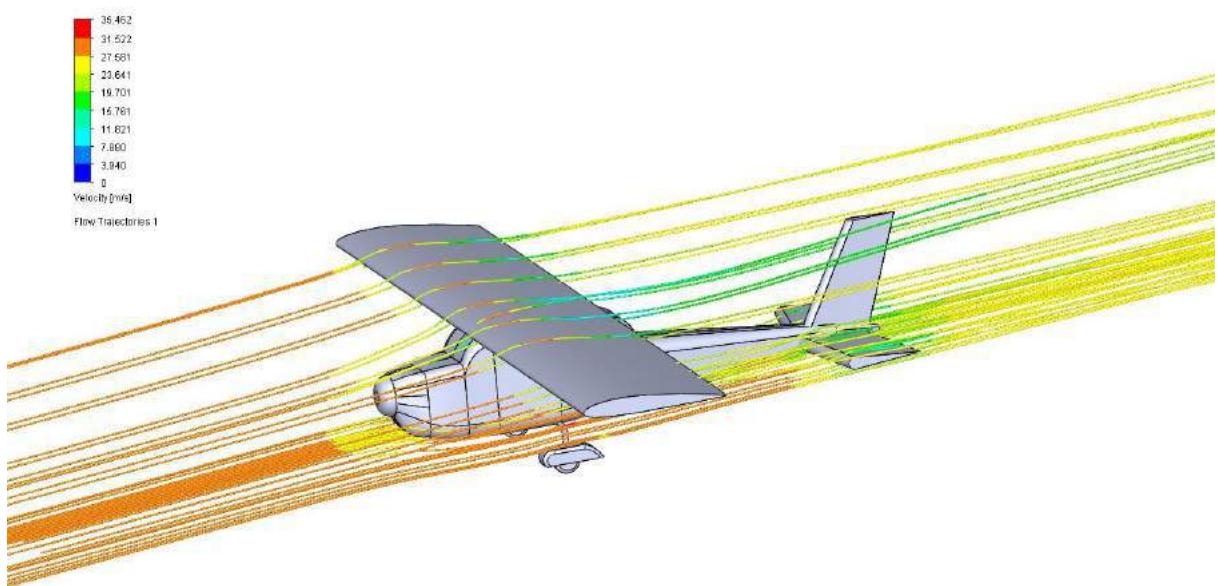


**Figure 3. Flow Trajectories of Velocity on Airplane at 0° AoA**

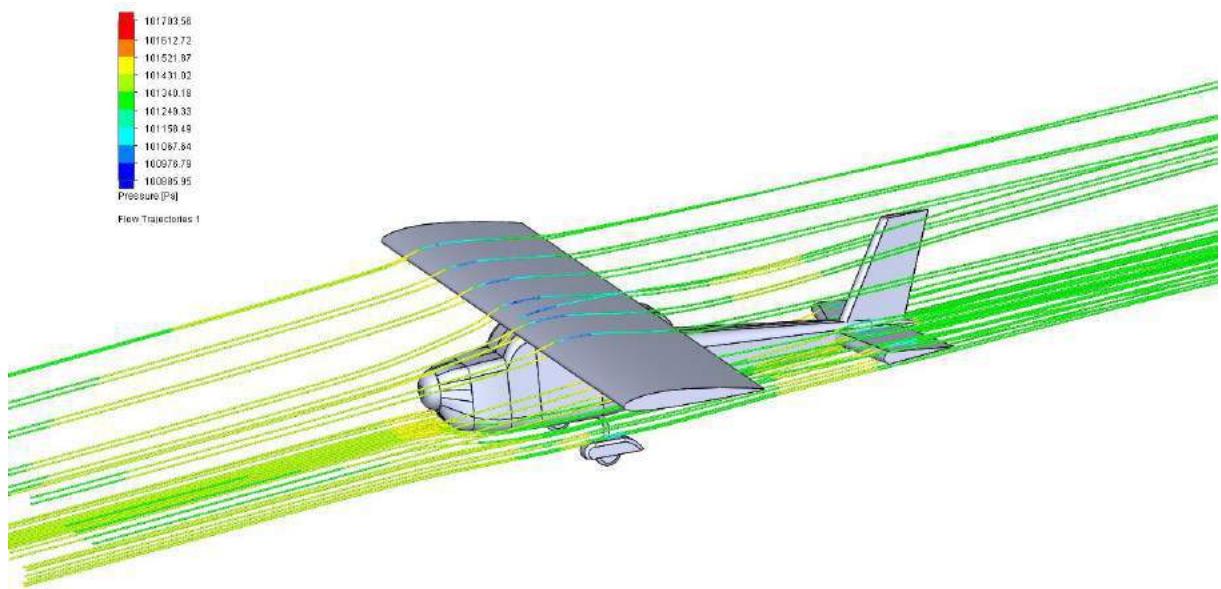


**Figure 4. Flow Trajectories of Pressure on Airplane at  $0^{\circ}$  AoA**

Flow trajectories of velocity and pressure at  $5^{\circ}$  AoA on airplane are given in figure 5 and figure 6 respectively.

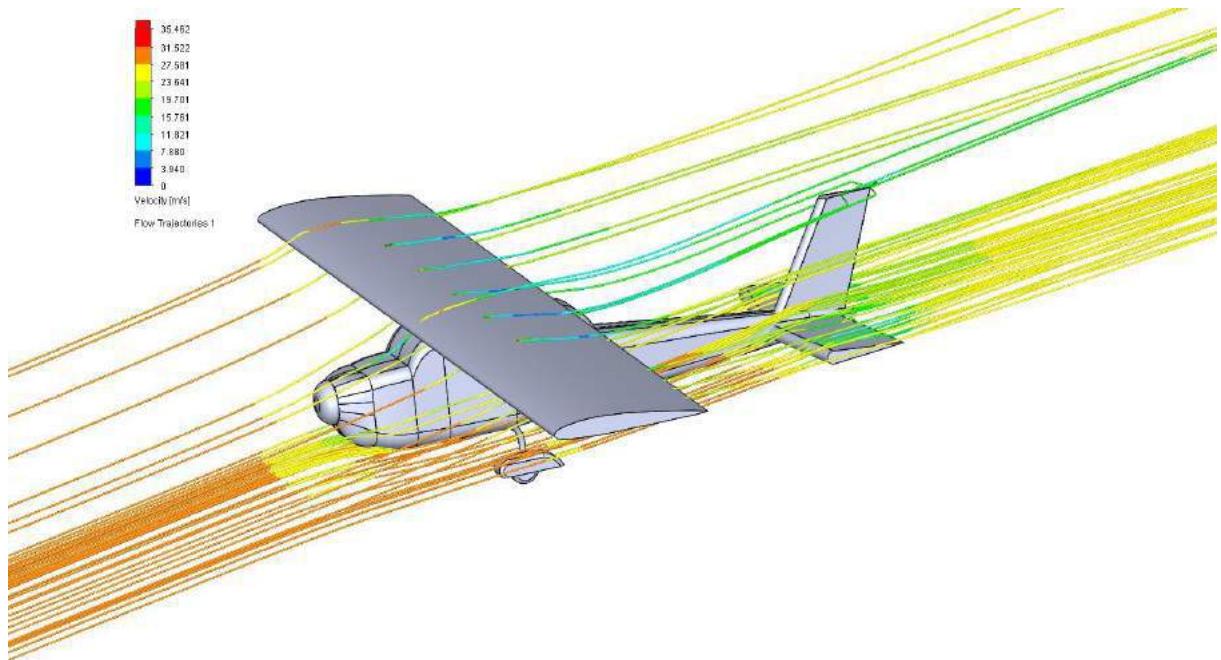


**Figure 5. Flow Trajectories of Velocity on Airplane at  $5^{\circ}$  AoA**

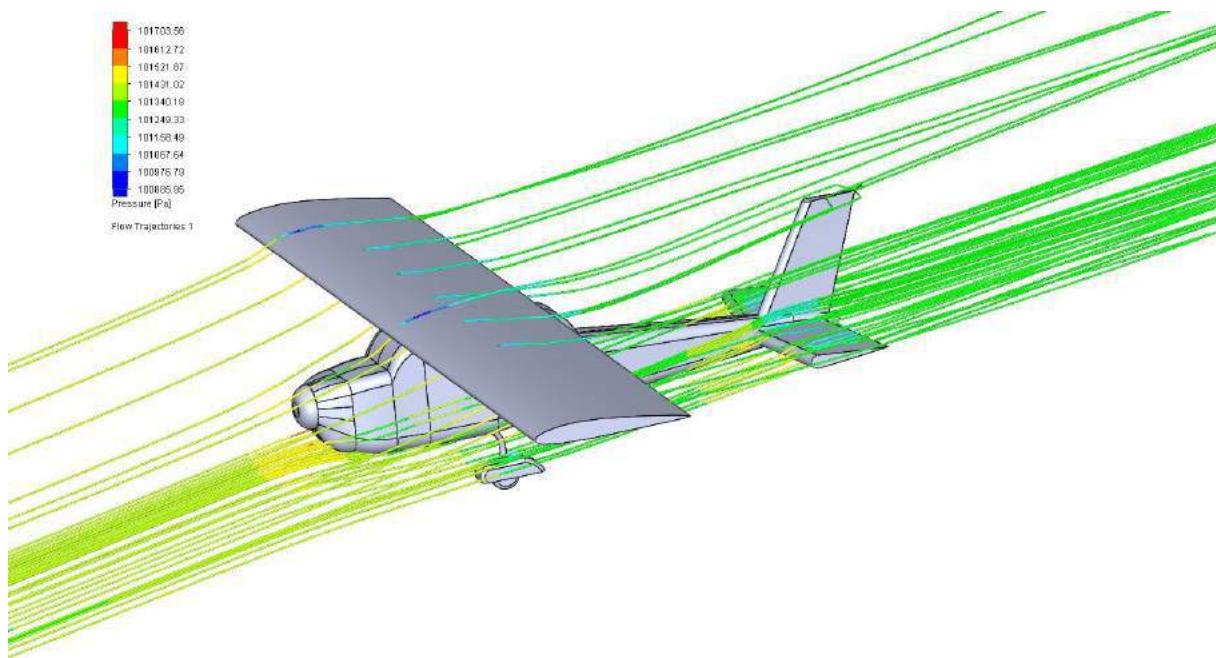


**Figure 6. Flow Trajectories of Pressure on Airplane at 5° AoA**

Flow trajectories of velocity and pressure at 10° AoA on airplane are given in figure 7 and figure 8 respectively.

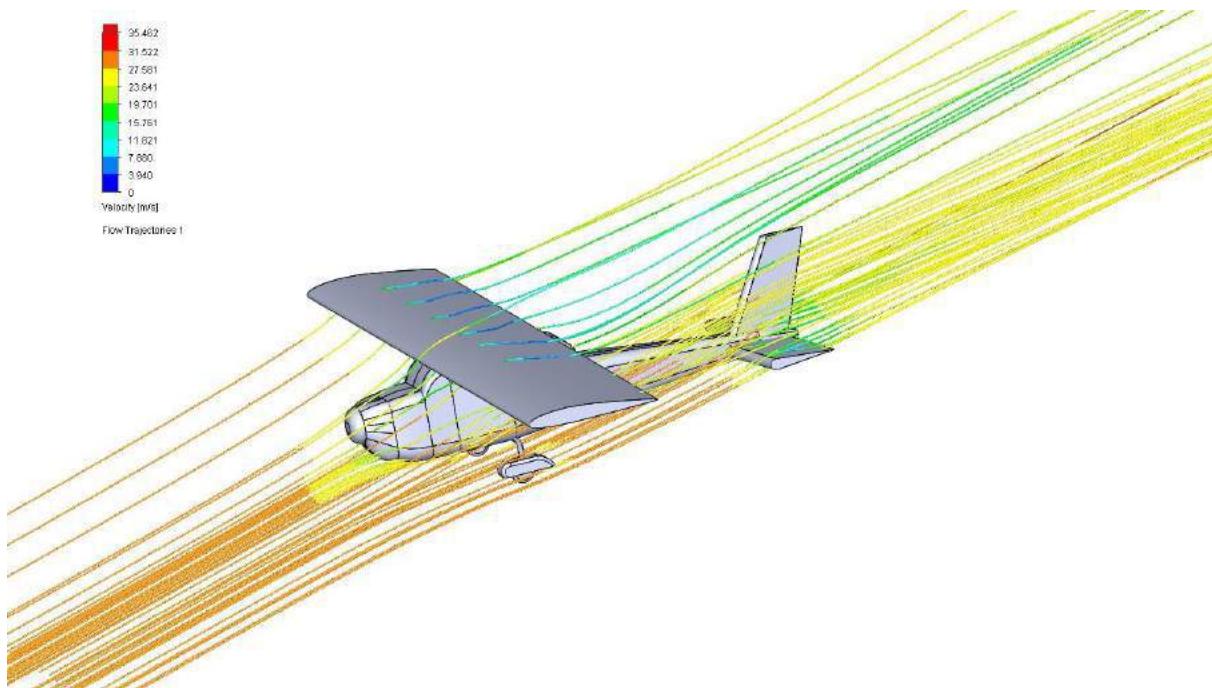


**Figure 7. Flow Trajectories of Velocity on Airplane at 10° AoA**

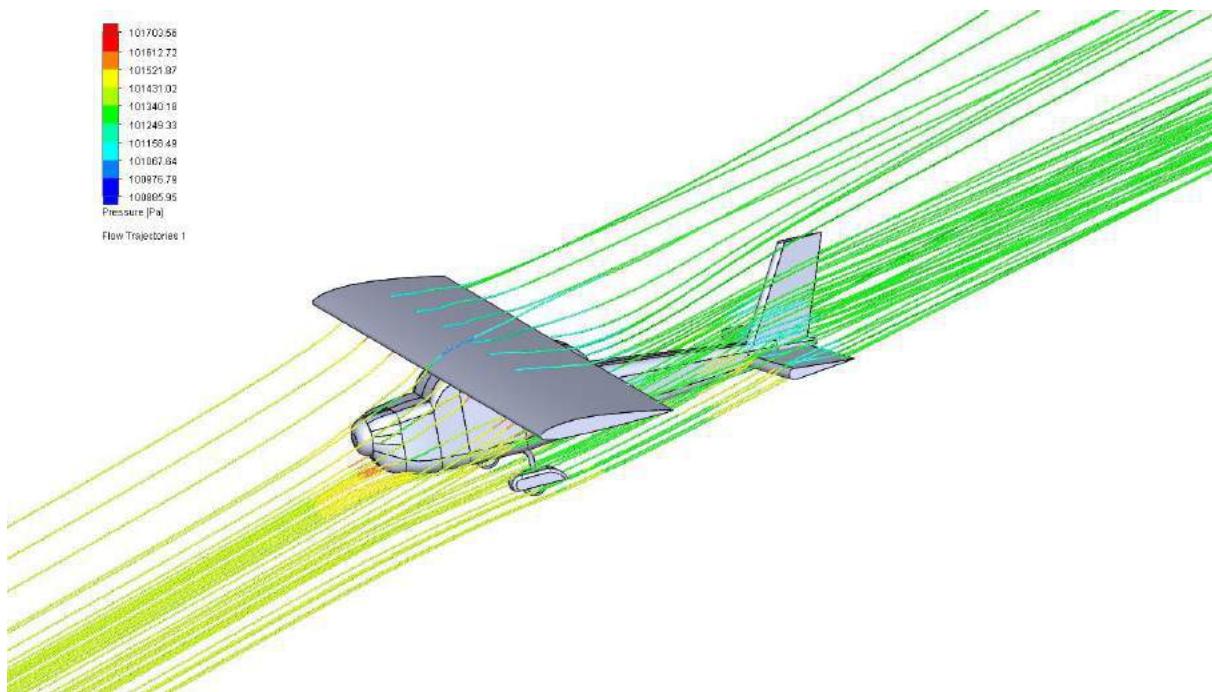


**Figure 8. Flow Trajectories of Pressure on Airplane at 10° AoA**

Flow trajectories of velocity and pressure at 15° AoA on airplane are given in figure 9 and figure 10 respectively.

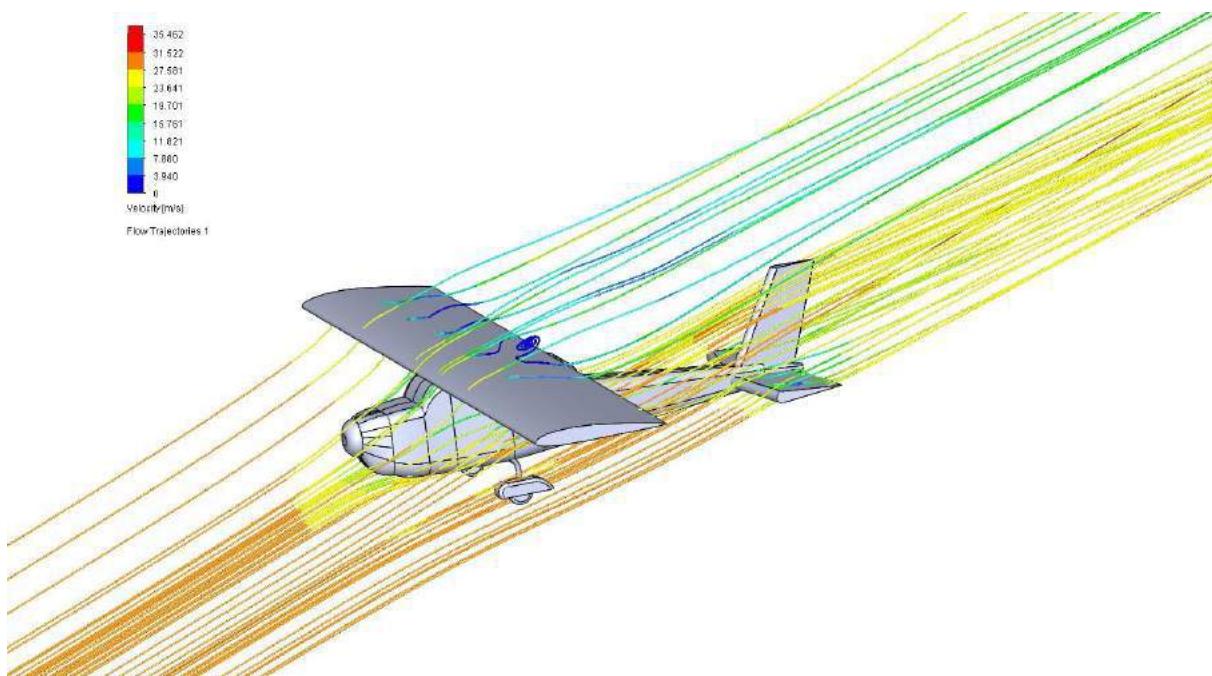


**Figure 9. Flow Trajectories of Velocity on Airplane at 15<sup>0</sup> AoA**

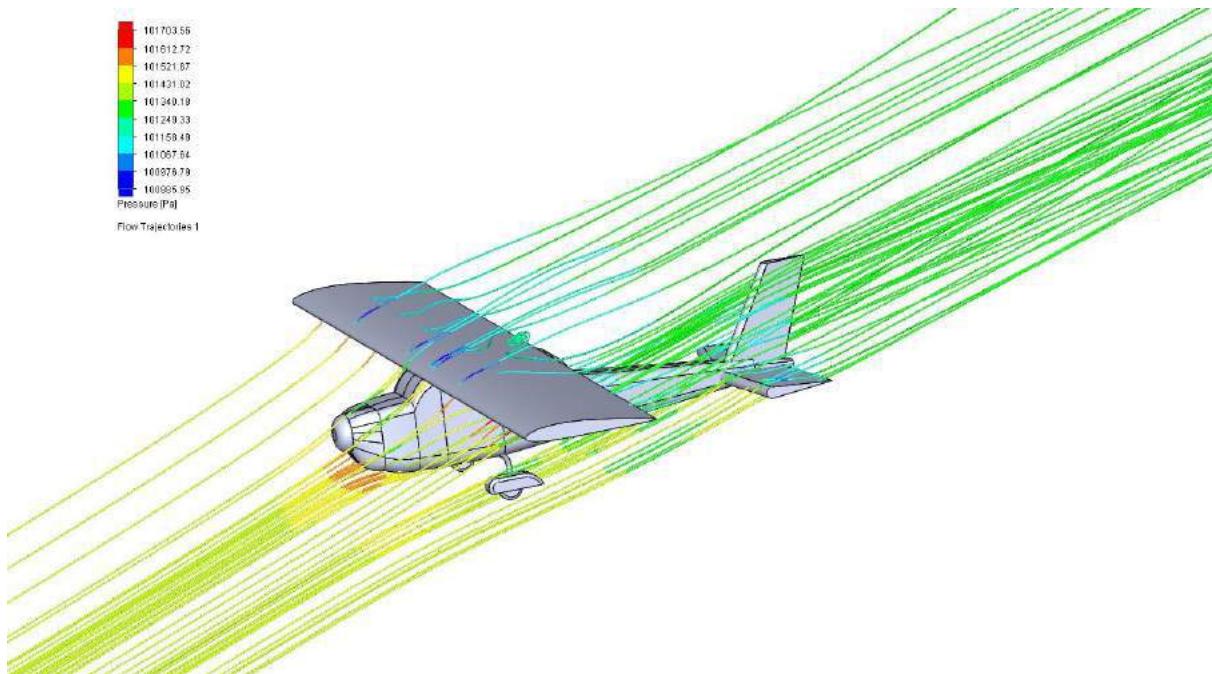


**Figure 10. Flow Trajectories of Pressure on Airplane at 15<sup>0</sup> AoA**

Flow trajectories of velocity and pressure at 20<sup>0</sup> AoA on airplane are given in figure 11 and figure 12 respectively.



**Figure 11. Flow Trajectories of Velocity on Airplane at 20<sup>0</sup> AoA**



**Figure 12. Flow Trajectories of Pressure on Airplane at 20<sup>0</sup> AoA**

Lift force and drag force results at different angle of attack values are listed in table 1.

**Table 1** Lift and Drag Force Results



	<i>Lift Force (N)</i>	<i>Drag Force (N)</i>
$0^{\circ}$ AoA	<b>20</b>	<b>11,8</b>
$5^{\circ}$ AoA	<b>47,7</b>	<b>12,7</b>
$10^{\circ}$ AoA	<b>76,6</b>	<b>13,2</b>
$15^{\circ}$ AoA	<b>97,4</b>	<b>13,8</b>
$20^{\circ}$ AoA	<b>114,8</b>	<b>13,9</b>

When the result which are given in table 1 are compared, drag force and lift force values are increased due to AoA increment.

## CONCLUSION

Lift force and drag force of a RC airplane is calculated using computational fluid dynamic (CFD) analysis. NACA 2412 airfoil is used for wing design. Flow trajectories of velocity and pressure on airplane are given at different AoA values ( $0^{\circ}$ ,  $5^{\circ}$ ,  $10^{\circ}$ ,  $15^{\circ}$ , and  $20^{\circ}$ ). After this study, it is shown that both drag force and lift force values are increased due to AoA increment.

## REFERENCES

- Adiwibowo B., (2013). Retrieved from <https://grabcad.com/library/cessna-172--1>.  
AirfoilTools, (2017). Retrieved from <http://airfoiltools.com/airfoil/details?airfoil=naca2412-il>.
- Atmeh G.M., Hasan Z., Darwish F., 2010. Design and stress analysis of a general aviation aircraft wing. *COMSOL Conference*, Boston.
- Chitte P., Jadhav P.K., Bansode S.S., 2013. Statistic and dynamic analysis of typical wing structure of aircraft using Nastran. *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAEM)* 2, 7.
- Doğru M.H., (2017). Investigation of Velocity Distribution and Turbulent Energy for the Different Tip Shaped Projectiles. *Çukurova University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture*, In Press.
- Doğru, M. H., Güzelbey İ. H., (2014). Kanal Fanının İtme Kuvvetinin Deneysel Olarak Hesaplanması. *Makina tasarımları ve imalat dergisi*, 14(1).
- Doğru, M. H., İ. H. Güzelbey, and Göv İ., (2016). Ducted Fan Effect on the Elevation of a Concept Helicopter When the Ducted Faintail Is Located in a Ground Effect Region. *Journal of Aerospace Engineering*, DOI: 10.1061/(ASCE)AS.1943-5525.0000519.
- Hedges, L. S., Travlin, A. K., Spalart, P. R., (2002). Detached-Eddy Simulations over a Simplified Landing Gear. *Journal of Fluids Engineering*, 124.
- Imrana, M.,Shabbir, A.R.M, Haneefe M., (2015). FE Analysis for Landing Gear of Test Air Craft. *Materials Today: Proceedings*, 2, 2170 – 2178.



## LIFE CYCLE ASSESSMENT OF A 3 MW WIND TURBINE LOCATED ON THREE DIFFERENT REGIONS IN TURKEY

Nesrin KAYATAŞ DEMİR

Department of Energy Systems Engineering

Erciyes University, Kayseri, Turkey

[nkayatas@erciyes.edu.tr](mailto:nkayatas@erciyes.edu.tr)

Akif TAŞKIN

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Erciyes University, Kayseri, Turkey

[taskinakif@gmail.com](mailto:taskinakif@gmail.com)

**ABSTRACT:** Turkey is one of the fastest developing country in the world in terms of energy market and industry. Rising primary energy demands have triggered the Turkey's energy dependency on foreign energy sources about 75%. Therefore, in order to maintain energy security and energy independence, Turkey's energy production have tended to supply electricity by renewable energy sources, such as wind, solar, geothermal, biogas etc. Electricity production by wind energy is rapid growth renewable energy source and shares 11.38% of total energy production in Turkey. Apart from environmental friendly characteristics of renewable energy sources, they have some adverse environmental impacts throughout lifetime. To determine these impacts, life cycle assessment (LCA) methodology is used. The aim of the present study is to investigate the environmental effects of wind turbine power plants. For this purpose, a 3 MW capacity wind turbine is assumed to be installed on three different regions in Turkey and wind energy characteristics of these regions are analyzed. Life cycle analysis of the wind power plants are performed by using GaBi LCA software. Functional unit is selected as 1kWh energy produced by the wind turbine. To achieve these works, some field studies are carried out on the wind turbine power plants and industry, moreover a life cycle model of wind turbine is developed. Results showed that the overall plant environmental emissions can be reduced by locating wind turbine on higher wind energy potential regions. This study may be a guide for investors, municipalities and ministries for energy and environmental issues.

**Key words:** life cycle assessment, wind turbine, sustainability, greenhouse gas, energy.

## INTRODUCTION

Energy demand of the world has been increasing due to the industrialization, population and economic growth. Today, usage of exhaustible energy resources has faced an insecure situation. Therefore, for a sustainable future, necessity of energy production from renewable sources has emerged. Electricity production from wind energy has been an advancing technology across the world, coupled with its environmental friendly characteristics. The share of wind energy has been significantly increased in Turkey and rest the world. Investments in wind energy sector in Turkey have increased and total installed capacity has reached to 6,256 MWh and its ratio to the total installed power capacity has reached to 7.69% [1,2].



Renewable and non-renewable energy sources in conjunction with their environmental problems have been main issue for governments over the past decade. Life cycle assessment methodology is used for the energy, material and environmental analysis of energy conversion systems. Wind turbine plants' hot points and environmental, energy comparisons and with other energy production systems during their lifetimes can be carried out by LCA methodology [3].

This study presents the life cycle energy and environmental analysis of a 3 MW wind turbine, which is assumed to be installed in Kırşehir, Niğde and Sinop. The wind energy potential of these regions is calculated by considering hourly wind speed data, which are taken from The Turkish State Meteorological Service. These wind data are derived to wind turbine's hub height altitude. Wind turbine manufacturing, transportation, installation, operation, maintenance, and decommission stages are considered for life cycle analysis. GaBi life cycle assessment software and database are used for calculations and creating for models. CML 2001 methodology is used for impact assessments. System boundary is modeled to contain raw material extraction, turbine manufacturing, operation, maintenance, transportation and end of life steps. Functional unit is selected as 1 kWh energy produced by the wind turbine. The results are discussed across environmental impacts and energy aspects.

## METHODS

### Wind Energy Potential of Selected Regions

Wind turbines convert kinetic energy into the wind to the mechanical energy than electrical energy [4]. Wind generation and characteristics, such as speed, frequency and direction, mainly depends on location [5]. Wind speeds are measured generally at the altitude of 10m. So, in order to calculate the energy production of a wind turbine wind speed at 10m must be derived to the turbine's hub height. In this work all wind datasets are observed at 10m and converted into the turbine hub height by using The Log Law given in Eq.1 [6-8]:

$$v = v_0 \left( \frac{\ln(z / z_s)}{\ln(z_0 / z_s)} \right) \quad 1$$

where  $v$  denotes the desired wind speed at the hub height of  $z$  as 100m and  $v_0$  represents the measured wind speed at the height of  $z_0$  as 10m. Also,  $z_0$  is surface roughness factor, which depends on the region, and selected as 0.15 for Kırşehir, Niğde and Sinop [9,10].

### Energy Output of 3 MW Wind Turbine for Selected Regions

To calculate the produced electricity wind turbine's characteristics must be defined clearly. Table 1. represents the characteristics of selected wind turbine.

**Table 1. Wind Turbine Characteristics**

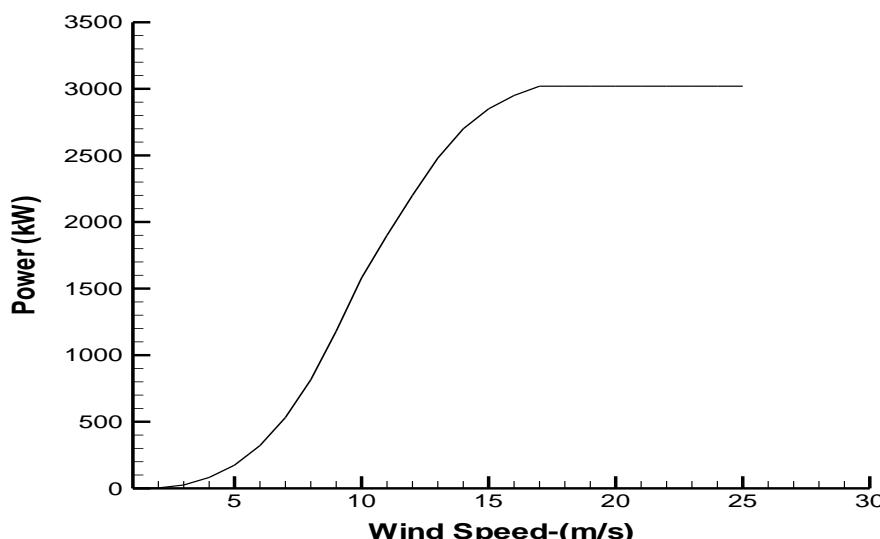
Rated Power	3000 kW
Rotor Diameter	101 m
Hub Height	100 m
Swept Area	8m <sup>2</sup>
Rotational	Clockwise

Direction	
Blade Material	Epoxy Resin
Generator	Direct-Drive

Moreover, power curves are used to calculate the electricity of a wind turbine for a wind speed. Figure 1 shows the produced power of 3 MW turbine by wind speed. Turbine starts to produce electricity at 2 m/s, which is cut-in speed and stops to produce electricity at 25 m/s, which is cut-out speed. Rated power, 3020 kW, is obtained at the rated speed of 17 m/s. Annual hourly generated power ( $P_i(v)$ ) is calculated by using hourly wind speed data and total amount of generated power for one year ( $E_p$ ) is calculated by using following equation;

$$E_p = \sum_{t=1}^n P_i(v) t \quad (2)$$

where, n is 8760, which is the number of hours in one year, t is one-hour duration. By using Eqn. 2 total amount of power generated in one year for selected regions can be calculated.



**Figure 1. Power Curve of 3 MW Wind Turbine**

### Life Cycle Assessment of a 3MW Wind Turbine

Life cycle assessment is a tool to compile and evaluate the all material input-outputs, energy and environmental impacts throughout the lifetime of a system, product or an organization. Life cycle assessment can be used as a decision support tool for municipalities, ministries and industry. LCA includes all cradle to grave steps of a product or system such as extraction of raw materials, manufacturing, the transportation or distribution, the use/operation and the disposal or recovery after its lifetime [11,12]. LCA consists of four feedback stages as goal and scope definition, inventory analysis, impact assessment and interpretation. Turbine lifetime is selected as 20 years and system boundaries created from raw material extraction to dismantling. Kırşehir, Sinop and Niğde regions are assumed to be in the same distance from turbine manufacturing facility.



In this LCA study, the Center of Environmental Science of Leiden University (CML) method is selected for environmental impact assessment categories such as Acidification Potential (AP), Eutrophication Potential (EP), Global Warming Potential (GWP), Freshwater Aquatic Ecotoxicity Potential (FAETP), Human Toxicity Potential (HTP), Photochemical Ozone Creation Potential (POCP), Terrestrial Ecotoxicity potential (TETP), Marine Aquatic Ecotoxicity Pot. (MAETP) and Radioactive Radiation (RAD).

### ***Functional Unit***

Functional unit is defined as a reference value to compare the environmental results of different systems. In this study functional unit is selected as 1kWh electricity generated by wind turbine and delivered to the grid.

### ***Embodied Energy***

Life cycle energy embodied energy ( $E_{Em}$ ) of wind turbine is defined as required energy in the manufacture, construction, installation, maintenance and decommission stages. Embodied energy depends on turbine characteristics and manufacturing processes, installation region and operation conditions.

### ***Energy Payback Time***

Energy payback time ( $E_{PT}$ ) of a wind turbine is defines as time required to compensate the consumed energy by produced energy ( $E_{Pr}$ )throughout its lifetime and given in the following equation [13,14];

$$E_{PT} = \frac{E_{Em}}{E_{Pr}} \quad (3)$$

## **RESULTS AND FINDINGS**

### **Wind Energy Potential and Wind Power Production Results**

Wind speed data were measured by Turkish State Meteorological Service for every hour of a year, therefore 8760 wind speed data were obtained. Wind data measured at the height of 10m is derived to 100m by using Eq.1 and monthly average wind speed data are obtained for selected regions. Figure 2 demonstrates the observed monthly wind speed of Kırşehir. According to the figure July, August and June are the windiest months. Figure 3 demonstrates the observed monthly wind speed of Niğde. According to the figure April, March and February are the windiest months. Figure 4 demonstrates the observed monthly wind speed of Sinop. According to the figure March, April and February are the windiest months. Consequently, according to the calculations wind energy potential of Sinop is higher than Kırşehir and Niğde.

According to the measured wind speeds in Kırşehir region maximum and mean wind velocities are observed as 10.60 m/s and 4.01 m/s, respectively. For Niğde region maximum and mean wind speeds are measured as 9.89 m/s and 4.03 m/s, respectively. Also, maximum wind speed is observed as 13.55 m/s and mean wind speed is observer as 5.54 m/s for Sinop.

Turbine power curve is used for wind power calculations. By substituting the wind speeds, which are derived to 100m, into the Eqn. 2. total amount of wind power for one year is calculated. So, annual total amount of powers produced from 3MW wind turbine are calculated as for Kırşehir, Niğde and Sinop as 1179 MWh, 1045 MWh and 3282 MWh, respectively. These power output differences result from the wind speed distribution.

Embodied energy of selected wind turbine is calculated by GaBi software as 6772 MWh. For turbine's lifetime of 20 years and by using Eqn. 3. energy payback times are calculated as 41, 46 and 14 months, respectively.

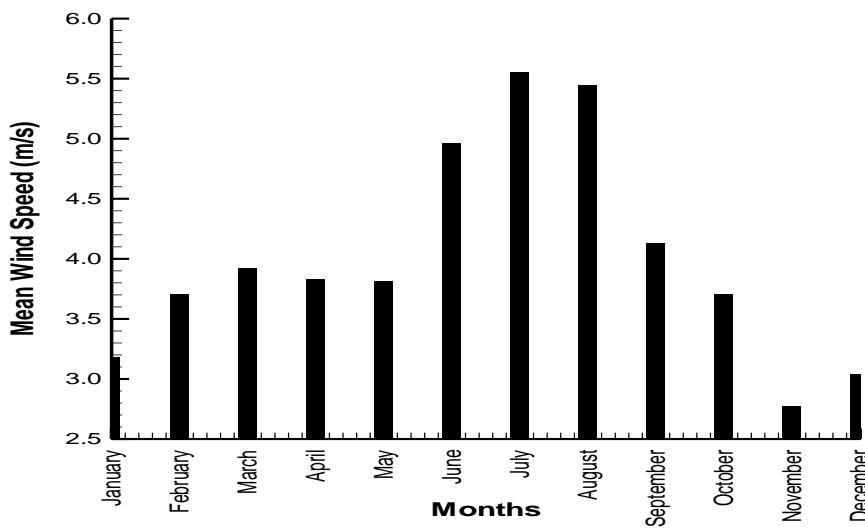


Figure 2. Monthly Mean Wind Speed of Kırşehir.

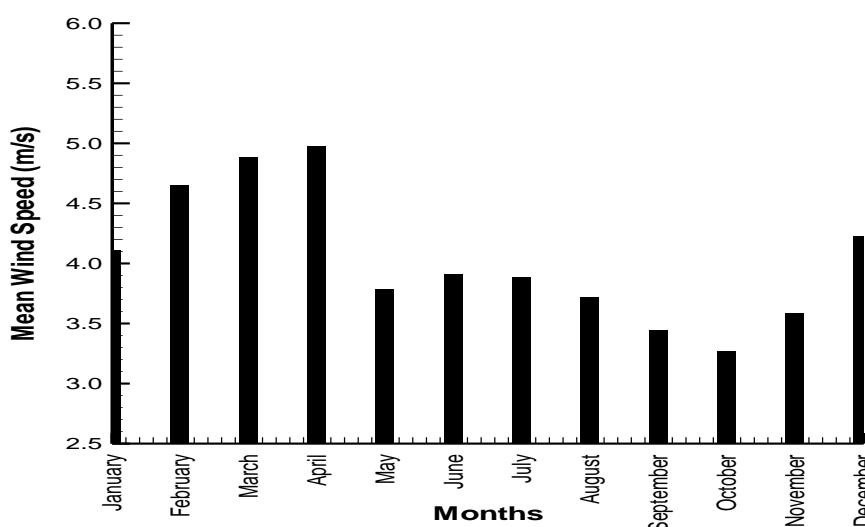
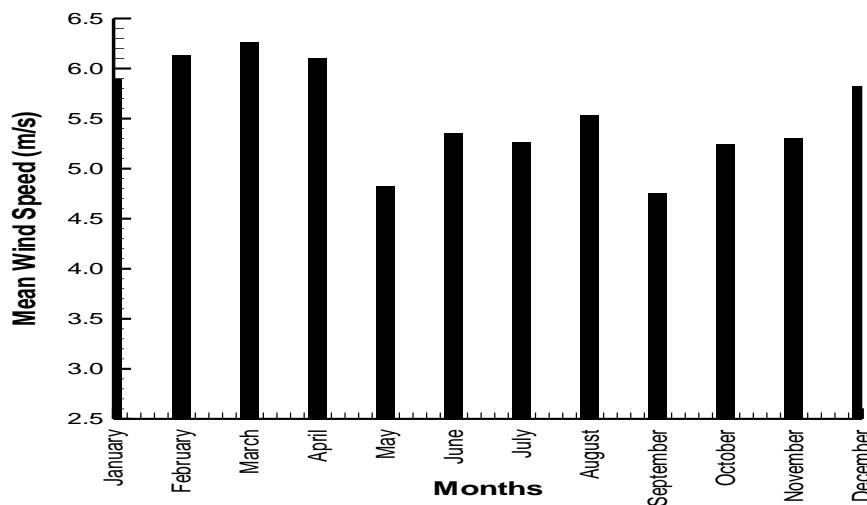


Figure 3. Monthly Mean Wind Speed of Niğde.

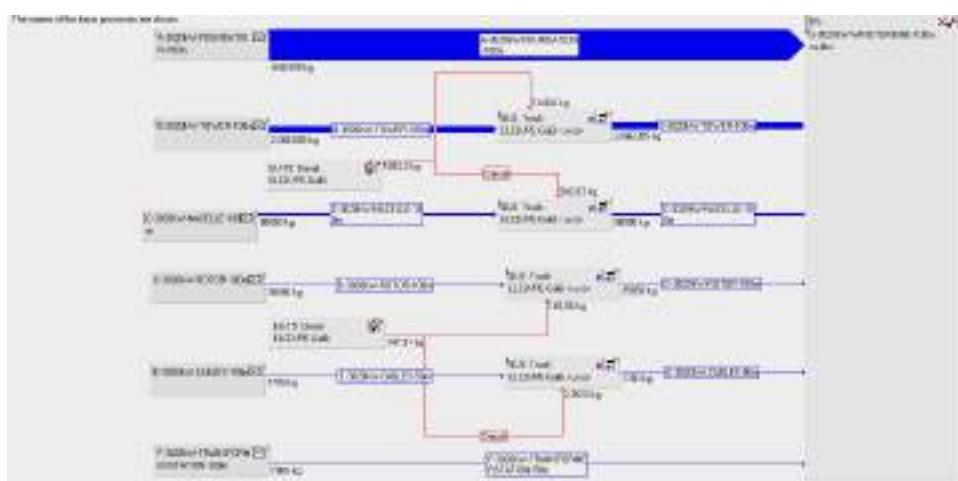


**Figure 4. Monthly Mean Wind Speed of Sinop**

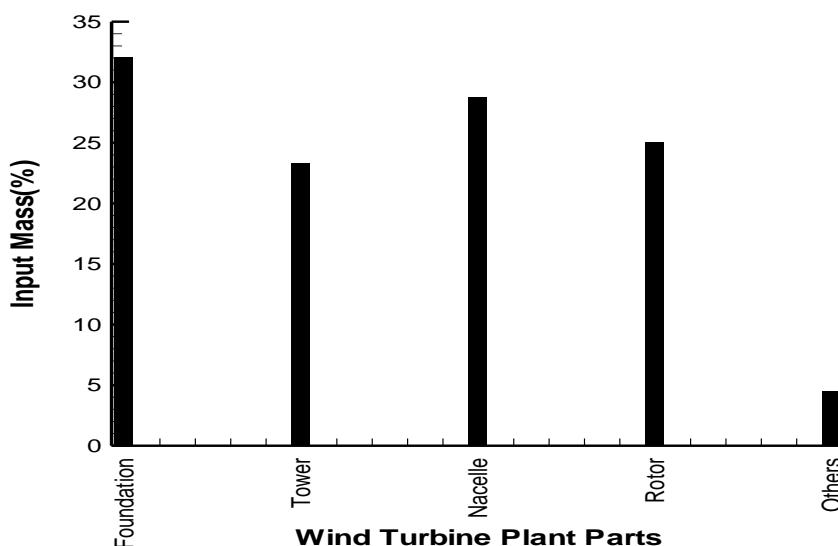
### Life Cycle Assessment Results

Life cycle inventory data are compiled in the GaBi LCA software to obtain material, energy and environmental results. Wind turbine model is given in the Figure 5 and all flows and steps are given in the figure. Figure 6 shows the wind turbine plant's parts input mass ratio. According to the figure in a wind turbine plant's foundation shares the mass input as 32%. Figure 7 demonstrates the embodied energy percentage by wind turbine plant's parts. According to the Figure 7, life cycle energy requirement of tower shares the highest ratio by 29%.

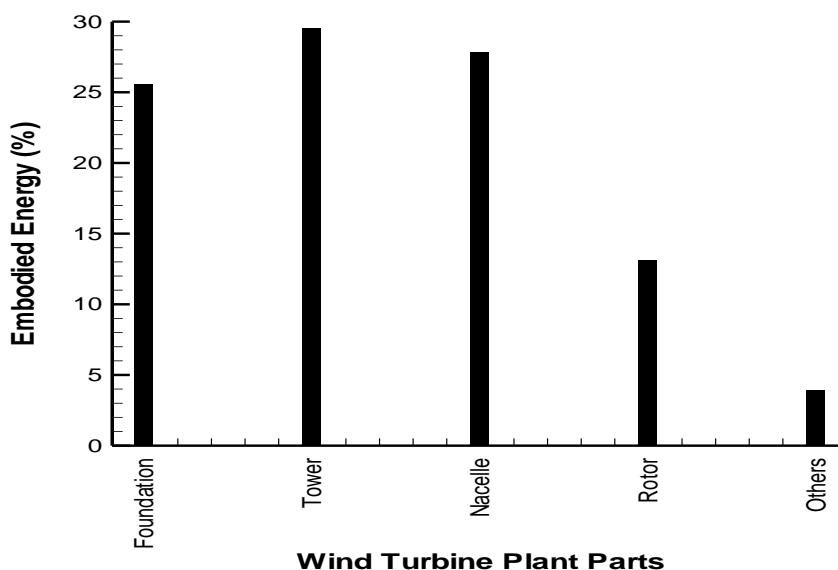
Environmental impacts per kWh during the life time of power plant are represented in the Table 2 and Table 3. According to the Table 2 and 3 environmental impacts per kWh is mainly depends on energy produced by wind turbine. Moreover, all impact categories are observed minimum for Sinop region due to its higher wind energy potential.



**Figure 5. GaBi Model of 3 MW Wind Turbine**



**Figure 6. Input Mass Ratio of Turbine Plant Parts**



**Figure 7. Embodied Energy Distribution of Turbine Plant Parts**

**Table 2. Environmental Impacts of Wind Turbine Plant Per kWh**

Region	(AP) [kg SO <sub>2</sub> -Equiv.]	(EP) [kg Phosphate-Equiv.]	(FAETP inf.) [kg DCB-Equiv.]	(GWP 100 years) [kg CO <sub>2</sub> -Equiv.]	(HTP inf.) [kg DCB-Equiv.]
Kırşehir	2.71E-04	2.43E-05	1.91E-04	7.54E-02	5.50E-03
Niğde	3.05E-04	2.75E-05	2.15E-04	8.51E-02	6.21E-03
Sinop	9.73E-05	8.74E-06	6.85E-05	2.71E-02	1.98E-03

**Table 3. Environmental Impacts of Wind Turbine Plant Per kWh**



Region	(MAETP inf.) [kg DCB-Equiv.]	(ODP, steady state) [kg R11-Equiv.]	(POCP) [kg Ethene-Equiv.]	(RAD) [DALY]	(TETP inf.) [kg DCB-Equiv.]
Kırşehir	2.85E+01	2.75E-09	2.89E-05	6.63E-11	9.68E-05
Niğde	3.22E+01	3.11E-09	3.26E-05	7.48E-11	1.09E-04
Sinop	1.02E+01	9.89E-10	1.04E-05	2.38E-11	3.48E-05

## CONCLUSION

Renewable energy sources are known as clean but their environmental, energy and material relations must be determined. In this study life cycle analysis of a 3 MW wind turbine, which assumed to be installed on three different regions of Turkey, are carried out by considering all material, energy and environmental aspects. Wind energy potential and power production analysis are performed by using observed annual wind datasets. Results show that Sinop has higher wind energy and power production capacity than Kırşehir and Niğde. For LCA calculations and creating models GaBi software is used. Foundation has the higher input mass ratio than other turbine components and tower and nacelle have the higher embodied energy ratio than other components. All environmental impacts per kWh for Sinop region have calculated lesser than Kırşehir and Niğde because of the higher wind energy potential. Time required to compensate consumed energy of wind turbine throughout its lifetime for Kırşehir, Niğde and Sinop are calculated as 41, 46 and 14 months, respectively. As can be seen from Table 4, energy payback time for Sinop is reasonable for other wind energy conversion sites and other energy conversion technologies.

**Table 4. Energy Payback Time of Different Energy Conversion Plants [15]**

Power Plant		Energy Payback Time (Month)
Solar Photovoltaic		49
Geothermal		10-40
Wind		8-36
Wind (This Study)	Kırşehir	41
	Niğde	46
	Sinop	14

Consequently, wind energy power plants must be installed on higher wind potential areas to meet environmental and energy requirements. Environmental, material and energy hot points must be determined for wind power plants by using LCA methodology such as material selection criteria, operation conditions and manufacturing techniques. Results of this LCA study can be used as a manual for investors, universities and ministries.

*The authors thank Erciyes University Scientific Research Projects Funding Department (ERU BAP) for their financial support [Project number: FDK-2016-6871*

## REFERENCES



1. International Energy Agency (IEA). Energy Policies of IEA Countries, Turkey. (2016). Review. Retrieved from <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/EnergyPoliciesofIEACountriesTurkey.pdf>.
2. Energy Atlas of Turkey, Wind Energy Statistics. (September 15, 2017). Retrieved from <http://www.enerjiatlasi.com/ruzgar/>
3. GaBi LCA Software website. (2017). Retrieved from <http://www.gabi-software.com/turkey/index/>
4. Tummala, A., Velamati, R.K., Sinha, D.K., Indraja, V., & Krishna, V. H., (2016). A review on small scale wind turbines. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56, 1351-1371.
5. Li, G., & Jing, S., (2010). Application of Bayesian model averaging in modeling long-term wind speed distributions. *Renewable Energy*, 35, 1192-1202.
6. Manwell J.F, McGowan J.G., & Rogers AL. (2010). Wind energy explained: theory, design and application. John Wiley & Sons;
7. Genç, M. S., & Gokçek, M., (2009). Evaluation of wind characteristics and energy potential in Kayseri, Turkey. *Journal of Energy Engineering*, 135, 33–43.
8. Gokçek, M., & Genç, M. S., (2009). Evaluation of electricity generation and energy cost of wind energy conversion systems (WECs) in Central Turkey. *Applied Energy*, 86, 2731–2739.
9. Kantar Y.M., & Usta I., (2015). Analysis of the upper-truncated Weibull distribution for wind speed. *Energy Conversion and Management*, 96, 81–8.
10. Kamau J.N., Kinyua R., & Gathua J.K., (2010). 6 years of wind data for Marsabit, Kenya average over 14m/s at 100m hub height; An analysis of the wind energy potential. *Renewable Energy*, 35, 1298–302.
11. International Organization for Standardization. Environmental management-life cycle assessment–principles and framework; 2006. 14040:2006.
12. International Organization for Standardization. Environmental management –life cycle assessment–requirements and guidelines; 2006. 14044:2006.
13. Wang J., Hu J., & Ma K., (2016). Wind speed probability distribution estimation and wind energy assessment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, :881–899.
14. Belabes B., Youcefí A., Guerri O., Djamaï M., & Kaabeche A., (2015). Evaluation of wind energy potential and estimation of cost using wind energy turbines for electricity generation in north of Algeria. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 51, 1245–55.
15. Marimuthu, C., Kirubakaran, V., & Rajasekaran, R., (2014). Energy Pay Back Period and Carbon Pay Back Period for Solar Photovoltaic Power Plant. *International Journal of Chemical Science*, 12, 293-305.



## INVESTIGATION OF CHANGES IN SOME QUALITY CRITERIA WITH STORING OLIVE OIL PROCESS STAGES

Anıl UZUN ÖZCAN  
Kilis 7 Aralık Üniversitesi  
[aniluzunozcan@kilis.edu.tr](mailto:aniluzunozcan@kilis.edu.tr)

Filiz UÇAN TÜRKMEN  
Kilis 7 Aralık Üniversitesi  
[filizucan@kilis.edu.tr](mailto:filizucan@kilis.edu.tr)

**ABSTRACT:** In this study, the changes in the quality of process waste water and process stages (before filter, after filter and storage for saling) of olive oil samples from an olive oil production plant in Nizip were investigated by waiting for 2 months. As a result of the analysis, the refractive index values of the olive oil process stages were between 1,45 and 1,48 while the relative density values were between 0,82 and 1,00. It was realized that 2-month waiting period did not cause a significant change in both the refractive index and the relative density. It is known that the peroxide value increases in parallel with the contact of the oil with the air. According to this, the contact of the oil with the air is the most in the storage phase and the peroxide value is 0,01 and 0,07 respectively at 0 and 2 months. The least air-contacted oil sample is in the pre-filter stage and the peroxide values are 0,02 to 0,03 with 0 and 2 months, respectively. The free fatty acid value (oleic acid type) was found in the waste water and in the process stages, 0,11 - 1,14 in 10 g of olive oil. Due to the high amount of water in the waste water, it is thought that the free fatty acidity of the 2 month waiting period increases at a high rate. In olive oil production stages, 0,51 -1,10% values were found in the analysis of ether-insoluble impurities. In the Turkish Food Codex Olive Oil and Pomace Oil Precipitation, ether-insoluble impurity is stated to be 0,1% in olive oil and 0,05% in refined olive oil. It is determined that the results of the analysis are above the values of the notification and it is considered that the olive oil is not in the desired purity. According to the process stages, waste water had the highest antioxidant activity value and antioxidant activity of the waste water decreased after 2 months of waiting time.

**Key words:** olive oil, waste water, proses stages, free fatty acid, peroxide value

## ZEYTINYAĞI PROSES AŞAMALARININ DEPOLANMASI İLE BAZI KALİTE KRİTERLERİİNDEKİ DEĞİŞİMLERİN İNCELENMESİ

**ÖZET:** Bu çalışmada, Nizip'te bir zeytinyağı üretim tesisisinden alınan zeytinyağı örneğinin proses artığı olan karasuyunun ve bazı proses (filtre öncesi, filtre sonrası ve satışa sunulacak depo) aşamalarının 2 ay süre bekletilmesiyle meydana gelen kalite değişimleri incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda zeytinyağı proses aşamalarındaki kırılma indisleri 1.45-1.48 arasıdayken bağıl yoğunluk değerleri 0.82-1.00 arasında bulunmuştur. 2 ay bekletme sürecinin ise hem kırılma indisleri ve hem de bağıl yoğunluk üzerinde fazla bir değişikliğe neden olmadığı görülmüştür. Bilindiği üzere peroksit değeri, yağın hava ile temasına paralel olarak artmaktadır. Buna göre yağın hava ile teması en fazla depo aşamasında olup, peroksit değeri 0. ve 2. aylarda sırası ile 0.01 ve 0.07'dir. Hava ile teması en az olan yağ örneği ise filtre öncesi aşamada olup, peroksit değerleri 0.



ve 2. aylarda sırası ile 0.02 ile 0.03'dür. Serbest yağ asitliği değeri (oleik asit cinsinden) karasuda ve proses aşamalarında, 10 g yağıda 0.11-1.14 arasında bulunmuştur. Karasuda su miktarı fazla olmasından dolayı 2. ayda serbest yağ asitliğinin yüksek oranda arttığı düşünülmektedir. Zeytinyağı üretim aşamalarında eterde çözünmeyen safsızlık analizinde % 0.51-1.10 arasında değerler bulunmuştur. Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliği'nde Çözünmeyen safsızlığın naturel zeytinyağında % 0.1, rafine zeytinyağlarında ise % 0.05 olduğu belirtilmektedir. Analiz sonuçlarının tebliğ değerlerinin üzerinde olduğu belirlenmiş olup, zeytinyağının istenilen saflikta olmadığı düşünülmektedir. Proses aşamalarına göre, antioksidan aktivitesi en yüksek değere karasu sahip olup 2 ay bekletme sonunda karasuyun antioksidan aktivitesinin azaldığı görülmüştür.

**Anahtar sözcükler:** zeytinyağı, karasu, proses aşamaları, serbest yağ asidi, peroksit değeri

## GİRİŞ

Zeytinyağı, zeytin ağacının (*olea europaea*, L) olgun meyvelerinden mekanik yolla elde edilen, oda sıcaklığında sıvı olan, berrak, yeşilden sarıya değişen renkte, kendine özgü renk ve kokuda, doğal olarak tüketilebilen önemli bir bitkisel kaynaklı yağdır. Zeytinyağı diğer yemeklik yağlar ile aynı kalori değerine sahip olmasına karşın yağ asidi bileşiminin farklı oluşu ve bazı özel bileşenleri içermesi nedeniyle diğer yemeklik yaqlardan biyolojik değer bakımından üstünür. Zeytinyağının üstün besin ve biyolojik değerine, bol miktarda bulunan oleik asit ve az miktarda bulunan linoleik asit ile özellikle sabunlaşmayan kısımda bulunan steroller, squalen,  $\alpha$ -tokoferol (E vitamini) ve fenol bileşenlerinin önemli bir katkı yaptığı bilinmektedir (Keçeli ve Büyükaslan, 2008). Yüksek oleik asit içeriği ve zeytinde bulunan antioksidan nitelikteki bileşenlerin (özellikle fenolik maddeler ve tokoferoller) yağa geçmesi ile oksidatif stabilitesinin yüksek olması zeytinyağını diğer yaqlardan ayıran en önemli özelliklerdir (Şeker ve ark., 2013).

Zeytinyağı, diğer bitkisel yaqlardan farklı olarak, hiçbir kimyasal işlem görmeden, doğal hali ile elde edilip ve tüketilebilmektedir. Zeytinyağı, doğal, rafine ve riviera tipi olmak üzere üç sınıfa ayrılmaktadır. Natürel zeytinyağı da, serbest yağ asitleri içeriğine göre natürel sizma(<%0.8), natürel birinci (<%2) ve ham zeytinyağı/rafinajlık yağ yani serbest yağ asitliği oleik asit cinsinden her 100 gramda 2,0 gramdan fazla olan veya duysal ve karakteristik özellikleri bakımından doğrudan tüketime uygun olmayan, rafinasyon veya teknik amaçlı kullanıma uygun yağlar olarak üç gruba ayrılmaktadır (Anonim, 2010). Natürel sizma zeytinyağı, erken hasat edilen zeytin ezmesinin soğuk sıkılması ile elde edilmekte, tat ve koku özellikleri tamamen korunmaktadır. İlk sıkım işleminden sonra sıcak su muamelesi yapılarak elde edilen zeytinyağı, doğal birinci sınıfa girmektedir. Değişik kusurlar nedeniyle doğal haliyle tüketilemeyen zeytinyağı, rafinasyon işlemine tabi tutulmaktadır. Rafinasyon işlem basamakları sırasında arzu edilmeyen koku giderilmekte, reçine maddeleri uzaklaştırılmakta, renk açıktırmakta ve serbest asitlik düzeyi %0,3'ün altına düşürülmektedir. Bu tip yağa rafine yağ adı verilmektedir. Bu işlemler sırasında, yağıda istenmeyen özellikler giderilmekte ancak zeytinyağının kendine has tat ve kokusu da kaybolmaktadır. Ağızda yağlılık hissi vererek dağılan rafine zeytinyağı ile doğrudan tüketime uygun natürel zeytinyağıları karışımından oluşan ve serbest yağ asitliği oleik asit cinsinden her 100 gramda 1,0 gramdan fazla olmayan yağa da Riviera tipi zeytinyağı denilmektedir (Türkoğlu ve ark. 2012).



Zeytinyağı temel üretim aşamaları sırasıyla kırma, yoğurma, sıvı faz ayırma, yağın su ve tortudan ayrılmazı işlemleridir. İlk işlem olan kırma ezme aşamasında amaç zeytinde bulunan yağ damalarının açığa çıkmasıdır. Zeytin kırıldıkten sonra ikinci işlem olarak zeytin hamurunun yoğurulması yani olgunlaştırılması gerekmektedir. Üçüncü ve en önemli işlem olan sıvı faz ayırma işleminin temel amacı yoğurma ile olgunlaştırılmış hamurda bulunan yağın alınması olup sıvı fazın (zeytinyağı + karasu), katı faz olan prinadan ayrılma işlemidir. Dördüncü işlem olan yağ saflaştırma işleminin temel prensibi yağın içerisinde kalan zeytin kara suyunun santrifüj yöntemiyle ayrıştırılması ve uzaklaştırılması prensibine dayanmaktadır. Yağ meyveden uzaklaştırıldıktan sonra özellikle yağın depolanması esnasında gerçekleşen reaksiyonlardan en önemlisi oksidasyondur. Yağın bulunduğu kaptaki tepe boşluğunda mevcut oksijen yağın içinde çözünmekte ve oksidasyona sebep olmaktadır. Çözünen oksijen miktarı proses, depolama ve paketleme şartlarına bağlı değişmekte ve daha fazla oksijen ile temas oksidasyon derecesini artırmaktadır (Göğüş ve ark. 2009).

Bu çalışmada, Nizip' te bir zeytinyağı üretim tesisinden, proses artığı karasu ve bazı proses (filtre öncesi, filtre sonrası ve satışa sunulacak depo) aşamalarından örnekler alınarak 2 ay süre ile bekletilmiş ve bu süreçte meydana gelen bazı kalite göstergeleri değişimleri incelenmiştir.

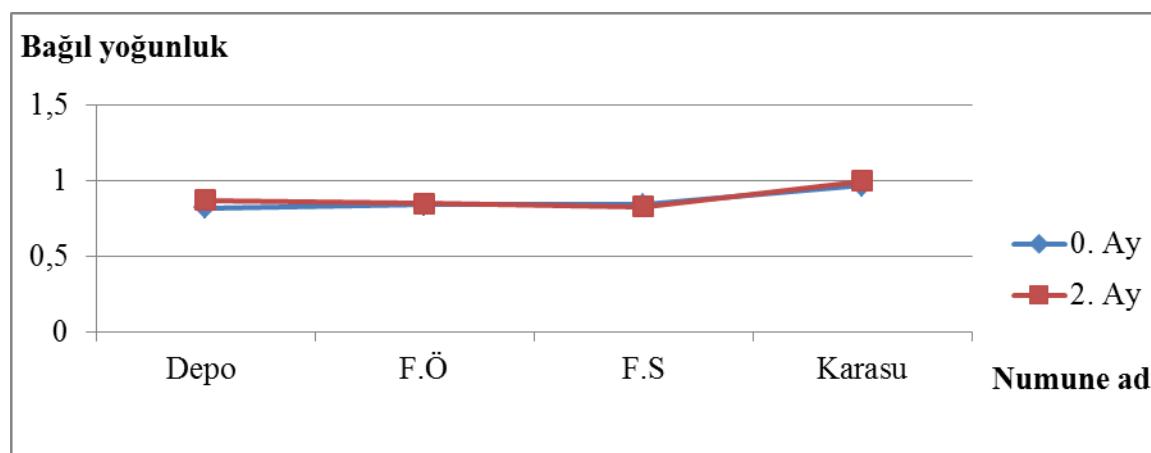
## YÖNTEM

Zeytinyağında kırılma indisi analizi için refraktometre cihaz sıcaklığının 20 °C olması ve ışık alması sağlanmıştır. Prizmaların temiz ve kuru olmasına dikkat edilmiştir. Prizma haznesi açılarak alt prizma üzerine pipetle bir iki damla zeytinyağı konulmuş ve üst prizma dikkatlice kapatılmıştır. Okülerden bakılarak makro vida yardımıyla çakıştırma işlemi yapılmış ve çizgi mikrovıda ile netleştirilmiştir. Karanlık ve aydınlatır skalalar tam olarak eşitliğinde alt skaladan kırılma indisi değeri okunmuş ve kayıt edilmiştir. Zeytinyağında bağıl yoğunluk, 20 °C de belirli hacimdeki yağ ağırlığının aynı sıcaklık ve hacimdeki suyun ağırlığına oranının tespitiidir (Kivrak, 2016). Zeytinyağında peroksit analizi için öncelikle 2 gr zeytinyağı üzerine 10 ml kloroform ilave edilmiş ve sonra hızla çalkalanarak yağın çözülmesi sağlanmıştır. Daha sonra, 15 ml asetik asit ve 1 ml KI ilave edilmiş, örneklerin ağızı kapatılmış ve 1 dakika süre ile çalkalanmıştır. 5-10 dakika karanlık bir yerde bekletilmiştir. Bu süre sonunda 75 ml saf su, 1 ml de nişasta çözeltisi ilave edilmiştir. Beklenen peroksit sayısı 12.5'den az ise 0.002 N, 12.5 veya daha fazla ise 0.01 N sodyum tiyosulfat çözeltisi ile titre edilmiştir (siyah-mavi renk) ve peroksit sayısı hesaplanmıştır. Serbest yağ asitliği, 5 - 10 g zeytinyağı örneği yaklaşık 100 ml etil alkollü dietileter karışımında çözülmüş ve üzerine 2-3 damla indikatör çözeltisinden damlatılmıştır. Bürete konan 0.1 N alkollü, KOH çözeltisi ile açık pembe renge kadar titre edilmiştir. Oluşan bu renk yaklaşık 15 saniye kadar kalıcı olmaktadır. Harcanan KOH çözeltisi sarfiyatı bütrenen okunarak kaydedilmiş ve sonuç yüzde asitlik veya asit sayısı cinsinden hesaplanmıştır. Eterde çözünmeyen safsızlık için 20 g zeytinyağı erlende tartılmış ve üzerine 200 ml dietileter (nötr, taze damıtılmış) eklenmiştir. Erlen kapatılarak çalkalanmış ve 20°C'de 30 dk. bekletilmiştir. Önceden darası alınmış ve kurutulmuş süzgeç kağısına süzülmüş, süzgeç kağıdı az miktarda dietileter ile yikanmıştır. Süzgeç kâğıdındaki çözücü önce çeker ocakta buharlaştırılmış sonra 103±2°C'de etüvde sabit tartıma gelinceye kadar tutulmuş ve soğutularak tartılmıştır. Süzündüde kül bulunması durumunda çözücü dikkatle buharlaştırılarak ayrılmış, kalıntı darası alınmış bir krozede

yakılarak kalan kül tartılmıştır ve hesaplama yapılmıştır (Göğüş ve ark., 2009). Zeytinyağı örneklerinde antioksidan aktivitesi, DPPH (2,2-diphenyl 1-picrylhydrazyl) yöntemi ile yapılmıştır. DPPH yönteminde, 100  $\mu\text{L}$  örnek alınmıştır. Üzerine 3.9 ml. DPPH (0.025g/l metanol ) eklenmiştir. 120 dakika karanlıkta bekletme yapılmıştır. Daha sonra 515 nm' de absorbans değeri okuması yapılmıştır. Çıkan sonuçlar, I (inhibitör) % =((Akontrol-Aörnek)/(Akontrol))\*100 formülünde yerine koymalarak hesaplama yapılmıştır. Kontrol numune örnek dışında bütün içeriğe sahip numunelerdir (Huang ve ark., 2005, Yılmaz, 2011).

## BULGULAR ve TARTIŞMA

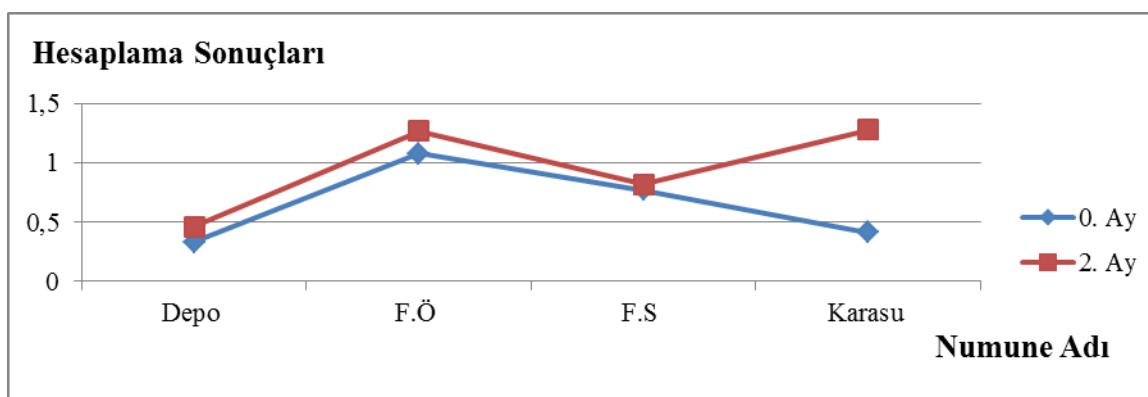
Yapılan analizler sonucunda zeytinyağı proses aşamalarındaki kırılma indisi değerleri 0. ayda, 1.45-1.48 arasındaken bağıl yoğunluk değerleri 0.82-1.00 arasında bulunmuştur. 2 ay bekletme sürecinin ise hem kırılma indisi ve hem de bağıl yoğunluk üzerinde fazla bir değişiklikle neden olmadığı görülmüştür. Türk Gıda Kodeksi (TGK)' ne göre naturel ve rafine zeytinyağında kırılma indisi değerlerinin 1.46-1.47 arasında olması gerekmektedir (Anonim, 2000). Filtre öncesi aşamasında滤re sonrası aşamasına göre kırılma indisinin yüksek olması滤re öncesi aşamasında zeytinyağında bulunan katı maddelerin ayrılmamış olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Türkoğlu ve ark., (2012) yaptıkları çalışmada yağ örneklerinin kırılma indisi değerlerini 1.468-1.469 arasında bulmuşlardır. İncelenen örneklerin kırılma indisi değerlerinin yapılan bu çalışmaya paralel olduğu ve TGK Tebliğ sınırları içerisinde bulunduğu görülmektedir.



Şekil 1. Zeytinyağı proses basamaklarının 2 ay süre ile depolanması ile bağıl yoğunluk değerinin değişimi

TGK Tebliği'nde zeytinyağında bağıl yoğunluğun 0.910-0.916 arasında olduğu belirtilmektedir. Bu çalışmada yapılan analiz sonucunda zeytinyağı proses aşamalarında bağıl yoğunluk değerleri 0.82-1.00 arasında bulunmuştur. Karasuyun depo,滤re öncesi ve滤re sonrası göre bağıl yoğunluğunun yüksek olmasının sebebi, zeytinyağı üretim aşamasında atık ürün olmasından dolayı içerisinde bulunan yağ, organik asitler, pektin taninler, inorganik ve benzeri maddeler nedeni ile katı madde içeriğinin fazla olmasından dolayı gerçekleşmektedir (Seven ve ark., 2008). Bilindiği üzere peroksit değeri, yaygın hava ile temasına paralel olarak artmaktadır. Buna göre yaygın hava ile teması en fazla depo aşamasında olup, peroksit değeri 0. ve 2. aylarda sırası ile 0.01 ve 0.07'dir. Hava ile teması en az olan yağ örneği ise滤re öncesi aşamada olup, peroksit değerleri 0. ve 2. aylarda

sırası ile 0.02 ile 0.03'dür. Yapılan analiz sonucunda zeytinyağının depo, karasu, filtre öncesi, filtre sonrasında 2 ayda bulunan peroksit değerleri 1g yağıda 0.01-0.07 arasında bulunmuştur. Peroksit değerindeki farklılık ve artış; yağın uzun süre hava ile temasından kaynaklanmıştır. Peroksit değerinin, yoğun hava temasında artmasıyla paralel değiştiği bilinmektedir. O halde havadan en çok etkilenen depo aşaması olup, değeri 0. ve 2. aylarda sırası ile 0.01 ve 0.07'dir. Havadan en az etkilenen ise filtre öncesi olup değerleri 0. ve 2. aylarda sırası ile 0.02 ile 0.03'dür. Filtre öncesi aşamasının az etkilenme sebebinin bu aşamadaki zeytinyağının yoğunluğunun fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Serbest yağ asitliği değeri (oleik asit cinsinden) karasuda ve proses aşamalarında, 10 g yağıda 0.11-1.14 arasında bulunmuştur. Karasuda su miktarı fazla olmasından dolayı 2. Ayda serbest yağ asitliğinin yüksek oranda arttığı düşünülmektedir. Zeytinyağlarına ait serbest yağ asitleri miktarının 0. ve 2. Aylarda birbirlerine yakın değerlerde olduğu görülmüştür. Yağlı tohumlar ve meyveler zarar görmüş veya uygunsuz koşullarda depolanmışsa, ortamda yeterli suyun bulunması durumunda aktif hale geçen lipaz bitkisel ham yağlarda fazla miktarda yağ asitleri oluşumuna neden olabilir. Bu durum daha çok zeytin gibi nem içeriği yüksek meyvelerden elde edilen yağlarda meydana gelmektedir (Kayahan ve Tekin, 2006). Yağda çözünen su miktarı, sıcaklığın etkisiyle yağın serbest asitlik miktarını artırmaktadır (Diraman, 2007). Zeytinyağının atık ürünlerinden olan karasuda su miktarı ve diğer bozulmaya neden olan madde miktarının fazla olmasından dolayı sıcaklığın etkisiyle 2. ayda bozulma eğilimi gösterdiği için serbest yağ asitliğinin yüksek oranda arttığı düşünülmektedir.



Sekil 2. Zeytinyağı proses basamaklarının 2 ay süre ile depolanması ile serbest yağ asitliği değerinin değişimi

Zeytinyağı üretim aşamalarında eterde çözünmeyen safsızlık analizinde % 0.51-1.10 arasında değerler bulunmuştur. Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliği’nde Çözünmeyen safsızlığın naturel zeytinyağında % 0.1, rafine zeytinyağlarında ise % 0.05 olduğu belirtilmektedir. Analiz sonuçlarının tebliğ değerlerinin üzerinde olduğu belirlenmiş olup, zeytinyağının istenilen saflıkta olmadığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.7. Eterde çözünmeyen safsızlık tayini sonuçları

Numune adı	(% m/m) (0. Ay)	(% m/m) (2. Ay)
Depo	0.54	0.58
Karasu	1.06	1.10
Filtre öncesi	0.51	0.55



Filtre sonrası	0.78	0.82
----------------	------	------

Proses aşamalarına göre, antioksidan aktivitesi en yüksek değere karasu sahip olup 2 ay bekletme sonunda karasuyun antioksidan aktivitesinin azlığı görülmüştür. Zeytinyağının bileşiminde birçok fonksiyonlu gruplara sahip bileşikler bulunmaktadır. Bu bileşiklerden antioksidan özelliği olan alfa tokoferol ve fenolik bileşikler en önemlidir. Bu bileşikler yağdaki çoklu doymamış yağ asitlerinin okside olmalarını önleyici etkiye sahiptirler. Bu nedenle açılışma ve insan sağlığına zararlı peroksitlerin oluşmasını engellemektedir (Barak ve Yaşar, 2008). Karasuda antioksidan değerinin yüksek olması zeytinyağı üretim makinalarının yetersiz nitelikte olduğundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Karasuda depolama sürecinde 2. ayda antioksidanın azalmasının sebebi karasunun atık madde olmasından dolayı zamana bağlı olarak bozulmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

## SONUÇ

Bağlı yoğunluk ve kırılma indisi değerlerinde değişiklik olmazken, eterde çözünmeyen safsızlık, peroksit ve serbest yağ asidi değerlerinde artış antioksidan aktivite değerinde azalma olmuştur.

## ÖNERİLER

Zeytinyağı üretim tesislerinde, proses sürecinde, verimin arttırılmasından ziyade son ürün zeytinyağının kalitesine yönelik hassasiyetin artırılması, proses aşamaları sırasında ve depolanması sürecinde diğer başka kalite ve güvenlik parametrelerinin test edildiği, değerlendirildiği araştırmaların yapılması önerilmektedir .

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yürütülmesinde, Kilis 7 Aralık Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü ve öğrencileri Bilge ASLAN, Aslı AMUK ve Mustafa DEĞIRMENÇİ'ye katkılarından dolayı teşekkürlerimizi sunarız.

## KAYNAKLAR

- Anonim, (2000). Türk Gıda Kodeksi Yemeklik Zeytinyağı ve Yemeklik Prina Yağı Tebliğinde Değişiklik  
Yapılması Hakkında Tebliği, *Tebliğ No: 98/7*. Resmi Gazete 1 Aralık 2000, Sayı: 24247.  
Anonim, (2010). Türk Gıda Kodeksi, Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliği, *Tebliğ No: 2010/35*.  
Barak, C. & Bağdat Yaşar, S. (2008). Polifenollerin Antioksidan Özelliği ve Zeytinyağında Toplam Polifenol  
Tayini, *1. Ulusal Zeytin Kongresi, Balıkesir*, 214-217.  
Diraman, H. (2007). Gemlik Zeytin Çeşidinden Üretilen Natürel Zeytinyaşlarının Oksidatif Stabilitelerinin Diğer Önemli Yerli Çeşitler ile Karşılaştırılması, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3, 53-59.  
Göğüş F., Özkaya M.T. ve Ötleş S., (2009). Zeytinyağı, *I. Basım, Eflatun Yayınevi, Ankara*, 274 sayfa.



- Huang D., Ou, B. and Prior R. L., (2005). The Chemistry Behind Antioxidant Capacity Assays, *J. Agric. Food Res.*, 53, 1841-1856
- Kayahan, M. & Tekin, A. (2006). Zeytinyağı Üretim Teknolojisi, *TMMOB Gıda Mühendisleri Odası Kitaplar Serisi, Ankara, 15*, 198.s.
- Keçeli, T. & Büyükaslan, Y. (2008). Hatay' da Yetiştirilen Bazı Zeytinlerin Antioksidan Etkilerinin Belirlenmesi, *Türkiye 10. Gıda Kongresi, Erzurum*, 105-106.
- Kıvrak, M. (2016). Zeytinyağı Kalite Kontrol Kriterleri, *Balıkesir*, 73-78.
- Seven, Ü., Çelik, G., Güçer, Ş. (2008). Zeytin Karasuyunun Değerlendirilmesi, *1. Ulusal Zeytin Kongresi, Balıkesir*, 162-167.
- Şeker, M., Gündoğdu M.A., Gül, M. K., Kaleci, N., (2013). Doğu Karadeniz Bölgesi Doğu Karadeniz Bölgesi Yerli Zeytin Çeşitlerinden Elde Edilen Zeytinyağlarının Yağ Asitleri ve Genel Kimyasal Bileşiminin Belirlenmesi, *Zeytin Bilimi Dergisi*, 4, 9-20.
- Türkoğlu H., Kanık Z., Yakut A., Güneri A. ve Akın M., (2012). Nizip ve Çevresinde Satışa Sunulan Zeytinyağı Örneklerinin Bazı Özellikleri, *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16, 1-8.
- Yılmaz O.M., (2011). Determination of The Antioxidant Activity and Phenolic Acid Composition of Main Wheats Varieties Grown in Turkey and Enrichment of Bread with Pomegranate Husk Extract, *PhD Thesis, Ankara University*, 80 pages.



## EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF HEAT TRANSFER IN A RECTANGULAR CHANNEL WITH DIFFERENT PIN-FIN

Sinan CALISKAN

Department of Mechanical Engineering, Hıtit University, 19030, Çorum, TURKEY

[sbycaliskan@gmail.com](mailto:sbycaliskan@gmail.com)

**ABSTRACT:** Pin-fins on heat transfer surface are one of the most widely employed heat transfer enhancement techniques. This technique is used for thermal equipment such as heat exchanger, internal and blade cooling of gas turbine. In this study, heat transfer and friction factor effects of different geometry type of the pin-fin were experimentally investigated. Measurements were made for Reynolds number, pin-fin type, pin-fin array and ratio of the pin-fin spacing to the pin-fin hydraulic diameter. The Reynolds numbers considered for the channel flow case (based on the hydraulic diameter) ranged from 3189 to 19531. In the experiments, the heating plate was made of stainless steel foil. It is firmly clamped and stretched between two copper bus bars. The foil was electrically heated by means of a high current DC power supply to provide a constant heat flux surface. The heat transfer results were obtained using the infrared thermal imaging technique. The heat transfer results of the hexagonal and circular pin-fins were compared with those of a smooth plate. The best heat transfer performances were obtained with the hexagonal pin-fins. The maximum thermal performance factor ( $(\Pi)$ ), was obtained as  $Re = 3188$ , staggered sequence,  $s/D = 0$ ,  $\Pi = 2.28$ .

**Keywords:** Pin-Fin; Channel geometry, Thermal imaging, Heat transfer

Corresponding author. Tel.: +90-364-2274533; fax: +90-364-2274535.



## ENERGY SAVING BY USING SLAGS AS RAW MATERIAL IN NEW PAVEMENT DESIGNS

Nazife ERARSLAN

Adana Science and Technology University, Turkey

[nerarslan@adanabtu.edu.tr](mailto:nerarslan@adanabtu.edu.tr)

**ABSTRACT:** The use of slags as an aggregate is considered a standard practice in many engineering applications and pavement (refers road in this study) systems containing Portland cement-bound layers have been used worldwide with great success. However, the originality of this study comes from using slags in pavement structures as both aggregate and binder (by using slag cement) in Cement-Treated Base (CTB) instead of using Portland cement. Many researches introduce a commercialized energy-saving cement made by co-grinding clinker with steelmaking slag (steel-slag) and blast furnace slag that represents a different approach to cutting greenhouse-gas (GHG) emission footprints and energy costs. The cement uses only 15-30% of clinker, 30-40% of steel-slag and 40-50% of blast furnace slag (BFS), allowing for great reductions in GHG emissions, and energy use by between 70% and 85%.

The CTB with slag set out from a need experienced by road constructors for alternative technologies and materials, chiefly because the poor quality of the natural materials available. A properly engineered CTB by using slag cement can also distribute loads over a wider area reducing the stresses on the sub-grade and acting as the load-carrying element of a flexible pavement or a sub base. The use of both slag and slag cement in a CTB under both asphalt and concrete surface should be investigated even for the first time. All studies about pavement constructions should not only focus on comparison between the use of natural aggregate and slag in road construction but also focus on the performance of slag cement as binder in base materials just under road surface cover. All new technologies and researches about any engineering structures should be sustainable. As society moves toward increased sustainability, it is important to understand the current approach used in the decision-making process. Until fairly recently, decision-making with regards to industrial activity was largely based on consideration of the “bottom-line,” which was understood to reflect purely economic factors. Few paid attentions to degrading social and environmental conditions under this model of industrial activity, as achieving immediate tangible economic goals was rewarded while ignoring long-term, broader system needs was largely done without consequence.

**Key words:** slags, CTB, fracture mechanics and slags

## INTRODUCTION

The base/subbase course is a major component in conventional flexible and unbound pavements. In a conventional flexible pavement, the significant role of the base course is to support the asphalt concrete layer by spreading the traffic load to the subgrade, thereby protecting the subgrade soil from over-stressing. Mechanical stabilization includes compaction, blending of aggregates to improve gradation, and addition of asphalt cement. Chemical stabilization includes the addition of materials such as lime, cement, or fly ash in combination or alone. Slag cement is generally used to replace between 20 and 80% of

Portland cement in concrete, depending on application, job requirements and environmental conditions. Slag cement can also be used in many construction applications such as stabilized bases or soils, grouts, flowable fills, and solidification/fixation of hazardous wastes. EUROS LAG is the European association of organizations and companies concerned with all aspects of manufacturing and utilization of ferrous slag products (EUROS LAG, 2017). Every two years since 2000, EUROS LAG conducts surveys among its members (European steelworks and processing companies) to assess the importance of the different slag types and the products manufactured from them. Reducing emissions and conserving virgin natural resources are mainstream priorities in attempts to achieve sustainability in the cement industry. Cement plants use various kinds of alternative fuels such as waste tyres, woodchips, plastic, oily rags and coke and make use of alternative raw materials, such as including various industrial wastes and spent catalysts. The application of different supplementary cementitious materials (SCM) in cement production has already been proven as the most effective way to reduce greenhouse gas (GHG) emissions from cement production by replacing the same amount of clinker (EUROS LAG, 2017).

Cement-Treated Base (CTB) is a strong, frost-resistant base for a concrete or asphalt pavement wearing surface (Figure 1). A bituminous or Portland cement concrete wearing course is placed on the CTB to complete the pavement structure. CTB is made up of native soils, gravels/manufactured aggregates blended with engineered quantities of cement and water. Pavements with CTB are much stronger and more rigid than a non-stabilized granular base.

The thickness of CTB is less than that required for granular bases carrying the same traffic because CTB is a cemented, rigid material that distributes the load over a large area (Figure 2). Hard, rigid CTB is practically impervious. It resists cyclic freezing, rain, and spring-weather damage. CTB continues to gain strength with age even under traffic. This reserve strength accounts in part for CTB's excellent performance. Properly engineered CTB can distribute loads over a wider area reducing the stresses on the sub-grade and acting as the load-carrying element of a flexible pavement or a sub base for concrete (Figure 2). The technique of stabilization with slag set out from a need experienced by road constructors for alternative technologies and materials, chiefly on account of the poor quality of the natural materials available. All studies about pavement constructions should not only focus on comparison between the use of natural aggregate and slag in road construction but also focus on the performance of slag cement as binder in base materials just under road surface cover.

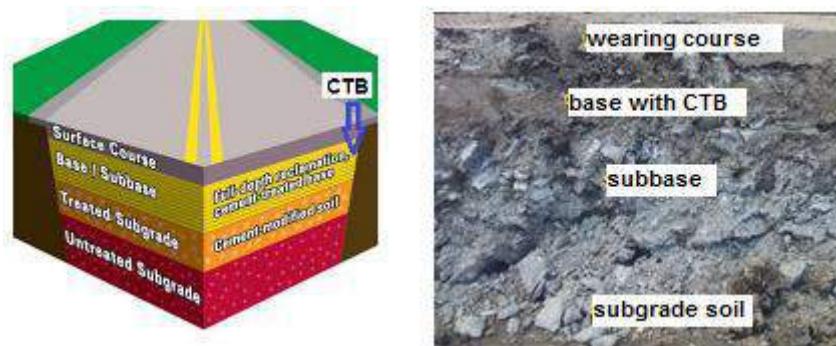
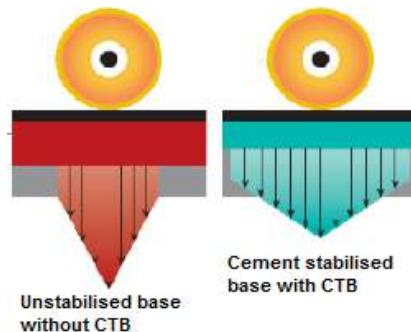


Figure 1. Pavement Structures with CTB



**Figure 2. Unstabilised Base and Cement Stabilised Base with CTB (Zhu & Erarslan, 2013)**

Although traffic and climatic inputs, performance criteria, design reliability levels and the type of pavement structure are major considerations/inputs for the design of a pavement structure. Thus, the characterization of pavement materials, in terms of their mechanical properties such as stiffness modulus, fatigue life and permanent deformation, play a significant role in improving current design procedures (Jegatheesan et al., 2010). Since its introduction in the 1950s, in situ stabilization of pavement materials with cementitious binders has been a well-recognised method of rehabilitating pavements for local roads and highways in Australia (White & Gnanendran, 2002). Therefore, pavement stabilization with cementitious binders is not a new technique and has been used successfully in pavements for more than 85 years (Motz & Geiseler, 2001; Austraroads, 2006). However, as stabilisation of the base course in a pavement structure is of special interest in recent years.

Supplementary materials constitute a portion of the cementitious component in a cementitious stabilized material (U.S. Dept. Transp., 1996). These materials are generally either by-products of other processes or natural materials. Fly ash, slag and silica fume are known as supplementary cementitious materials. Slag is produced in many metallurgical operations throughout the world and is considered a co-product of the production of iron and steel. Slag cement, or ground granulated blast furnace slag (GGBFS), has been incorporated into concrete projects in the U.S. for over a century to improve durability and reduce life cycle costs (SCA, 2013). Slag cement can replace up to 50% of Portland cement in most common concrete mixtures, and up to 80% in massive concrete elements and other specialized structures. Each year, about 45 million tons of ferrous slag is generated in Europe (EUROSLAG, 2017).

Soil-cement (or Cement Treated Base (CTB)) is probably the earliest example of a stabilized base material. Roller-compacted concrete, which is similar to, but more granular than soil-cement, is another type of stabilized base product (ARTA, 1977). CTB becomes more important to a modern road pavement under a better performance perspective. However, latest studies show that the design lifetime of pavement structure with a bound CTB layer strongly relies on fatigue deterioration of CTB under traffic (Nusit et al., 2015; Karakod & Peerapong, 2016). This point should be investigated deeply by considering use of CTB with both concrete and asphalt surface courses.

## POSSIBLE INNOVATIVE RESEARCH METHODS AND DISCUSSIONS

Research and evaluating the condition of transportation infrastructure is an expensive, labor intensive and time-consuming process. Many traditional road evaluation methods



utilize measurements taken in situ along with visual examinations and interpretations. The measurement of damage and deterioration is often qualitative and limited to point observations.

Many of the roads in the Turkish highway network were designed and constructed according to the demands of their periods. Thus, they have become unable to carry the increasing traffic loads, especially heavy vehicle traffic nowadays. Overloading of heavy vehicles additionally causes to significantly decreases to service life, estimated at 20 years, of the state highways (Iyinam et al., 2017) Turkey's road network lengths according to surface types is given in Figure 3.

Road Types	Asphalt Concrete	Seal Coat	Cobblestone	Stabilized	Unbound	Others	Total Lengths (km)
Motorways	2155	--	--	--	--	--	2155
State Highway	13446	17415	72	67	29	251	31280
Provincial Roads	2476	26862	201	824	570	1541	32474
Total	18077	44277	273	891	599	1792	65909

**Figure 3. Turkey's Road Network Lengths According to Pavement Types (KGM, 2015)**

A limited number of field and laboratory tests including fracture mechanics tests for evaluating pavement performance have been reported in the literature, from these tests the following important points have been identified:

Both the California Bearing Ratio and Plate Bearing test have been used to evaluate the design of flexible pavement and the performance of pavement materials under static loadings in literature (Al Amoudi et al., 2002; Sukumaran et al. 2002); however, these tests have been criticised for failing to correlate with material stiffness (a key parameter in the design of pavement structures);

Full-scale accelerated test tracks and Accelerated Pavement Testing have been used to define relationships between axial loads and fatigue failure (White and Gramendran, 2002; Brown, 2004); however, these tests are time-consuming, expensive and less user-friendly; The Flexural Beam test, Triaxial test and Indirect Brazilian Tensile tests are considered good alternatives in laboratory testing. However, the Triaxial test is thought to be more suitable for testing unbound materials rather than cemented granular materials, and is rarely used for routine work due to the high price of the Triaxial apparatus (Foley, 2001; Edvards et al., 2005). The Flexural Beam test is problematic in testing Lightly Cemented Granular Materials (LCGMs) because of difficulties in sample preparation and sample handling during the testing due to the weakness of samples. Despite the complicated process of setting up loading arcs and the large permanent deformations that can occur in loading strips when softer materials such asphalt are used, the Indirect Brazilian Tensile Test is preferred to test LCGMs (Huang et al., 2005); and

The Semi-Circular Bending (SCB) test has been used to study crack propagation in hot mix asphalt and is used in some European standards. It has also been used to characterise fracture toughness, tensile strength, stiffness modulus, creep compliance and the fatigue

resistance of asphalt mixtures (Birgisson et al., 2008; Aliha et al., 2014). This test was originally introduced to investigate rock properties, and is now an accepted standard for the measurement of both static and dynamic fracture toughness of rock.

This study proposes to use more simple tests such as SCB test to characterise the dynamic reactions of “edge cracks” and investigate damage mechanisms of LCGMs under various loading conditions (Figure 4). On the other hand, Cracked Chevron Notched Brazilian Disc (CCNBD) can be used to investigate the “embedded cracks” in CTB materials. Both specimen geometries are proposed to be used as they are easy to prepare, easy testing setup and repeatability of testing results. Further, compared to the Indirect Brazilian Tensile test, the SCB test causes less permanent deformation in loading strips (Huang et al., 2002; Stempihar, 2013).



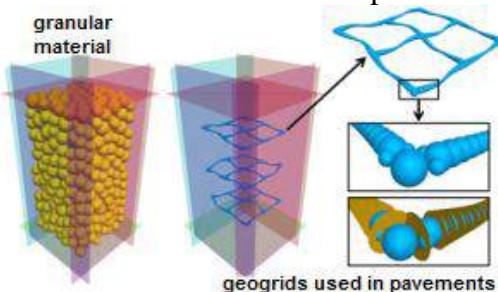
**Figure 4. SCB Testing Setup**

According to the results obtained by Zhu and Erarslan (2013), damage accumulation in LCGMs is very sensitive to amplitude, waveform and loading frequency when subjected to cyclic loading. Among simulated waves, the square wave was found to be the most damaging wave type followed by sinusoidal and triangular waves. It was also found that increasing the loading frequency slowed down the damage accumulation and resulted in an increased fatigue life. Further, permanent horizontal deformations accumulated more in LCGMs subjected to cyclic rather than static loading conditions. The main damage mechanisms of LCGMs subject to static loading were inter-granular cracking and cracking between cement clusters. Grain decohesion and crushing of the cement matrix were assessed as the dominant rupture mechanisms in cyclic loading. Thus, those findings must be checked by using slags as aggregate and binging material in LCGMs under both asphalt and concrete surface course pavement structures.

Another important point about strength related testing of LCGMs is about post peak behaviour of the material. Post-peak tensile softening is pronounced in the accelerated cracking stage that followed the transition stage and is caused by the bridging action of aggregates and cement ligaments . The trend of the curve at this stage is highly important and believed to be affected by the crack interface friction angle (Zhong and Chang, 1999; Olesen et al. 2006).

Finite Element Models (FEM) has been applied extensively to the design and analysis of pavement structures. However, FEM modelling assumes the body as linear elastic, isotropic and homogenous. However, when the pavement materials are considered, the

body cannot be assumed as isotropic and homogenous. Thus, Discrete Element Model (DEM) numerical analyses methods should be used in pavement researches beside FEM analyses. DEM is a numerical solution used to describe the mechanical behaviour of discontinuous bodies such as pavement layers (Figure 5).



DEM Modelling (PFC3D-Pavement design package)

## CONCLUSIONS

When a by-product (slag) is used for road construction purposes, it should be considered who the user is and who the beneficiary is. This study not only focus on comparison between the use of natural aggregate and slag in road construction but also focus on the performance of slag cement as binder in base materials under any pavement surface for possible energy saving strategies. Manufacturing slag cement uses only 15% of the energy needed to make Portland cement. The amount of natural materials required and the amount of landfill space used are both decreased, leading to cost savings. Thus, design alternatives with various pavement structures including CTB (at various thicknesses) made from slag' slag cement and Portland cement under asphalt and concrete surface should be monitored their performance (stress-strain behavior) under vehicle (cyclic) loading for comparison purposes to create novel technologies. Both blast furnace slag and steel slag contain a number of minerals that make them good feedstock material for cement manufacturing. Steel slag in particular usually has a high lime content, similar to that of cement clinker. An added benefit of using slag is that the materials are usually dry and already calcined, meaning additional energy is not needed to convert calcium carbonate to lime. This cuts down on processing and energy costs.

To date, most investigations on the dynamic reactions of cementitious binders treated granular materials in pavement design have been performed using a major simplification of loading types; however, in practice, pavements are commonly subject to many different loading waves, loading frequencies and stress amplitudes. Pavement designs and researches have been done by considering the pavement structures as 'continuum' and continuum mechanics principles are used in analytical and numerical analyses in literature. However, pavement structures and granular materials should be considered as 'discontinuum' due to pre-existing cracks, stress-induced cracks, pores etc. That's why; all outcomes of any research should be analyzed by including 'Fracture mechanics principles', discontinuum mechanics, granular material behavior and heterogeneity. For example, Finite Element Models (FEM) has been applied extensively to the design and analysis of pavement structures. However, FEM modelling assumes the body as linear elastic, isotropic and homogenous. However, when the pavement materials are considered, the body cannot be assumed as isotropic and homogenous. Thus, Discrete Element Model (DEM) numerical analyses methods should be used in pavement researches beside FEM



analyses. DEM is a numerical solution used to describe the mechanical behaviour of discontinuous bodies such as pavement layers.

Finally, all new technologies and researches about any engineering structures should be sustainable. What is sustainability? Sustainability is commonly defined as the capacity to maintain a process or state of being into perpetuity without exhausting the resources upon which it depends nor degrading the environment in which it operates. As society moves toward increased sustainability, it is important to understand the current approach used in the decision-making process. Until fairly recently, decision-making with regards to industrial activity was largely based on consideration of the “bottom-line,” which was understood to reflect purely economic factors. Few paid attention to degrading social and environmental conditions under this model of industrial activity, as achieving immediate tangible economic goals was rewarded while ignoring long-term, broader system needs was largely done without consequence.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The corresponding author was supported by Adana Science and Technology University, Scientific Research Projects (BAP in TR) Coordination (Project No: MÜHDBF.MCHM.2015-17).

## REFERENCES

- Al-Amoudi, O., Asi, I., Wahhab, H., Khan, Z. (2002). Clegg hammer-California-Bearing Ratio correlations. *J Mater Civ Eng* 14(6):512–523. doi:10.1061/(ASCE)0899-1561(2002)14:6(512)
- Aliha, M.R.M., Behbahani, H., Fazaeli, H., Rezaifar, M.H. (2014). Study of characteristic specification on mixed mode fracture toughness of asphalt mixtures. *Constr Build Mater* 54: 623–635.
- American Road and Transportation Builders Association (ARTA), (1977). *Materials for Stabilization*, Washington, DC.
- Austroads, (2006). Guide to pavement technology part 4D: *Stabilised materials*, AGPT04D-06, Austroads, Australia.
- Birgisson, B., Montepara, A., Romeo, E., Roncella, R., Napier, J., Tebaldi, G. (2008). Determination and prediction of crack patterns in hot mix asphalt (HMA) mixtures. *Eng Fract Mech* 75(3): 664–673.
- Brown, S.F. (2004). Accelerated pavement testing in highway engineering. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Transport* 157(3):173–180.
- Edwards, P., Thom, N., Fleming, P., Williams, J. (2005). Testing of unbound materials in the Nottingham asphalt tester springbox. *Transport Res Rec* 1913:32–40.
- EUROSLAG, <http://www.euroslag.com/>
- Foley, G. (2001). Contract report—Mechanistic design issues for stabilized pavement materials: Report No. APRG 02/02 (CM), *Australian Stabilization Expert Group, AUSTROADS*, Sydney
- Huang, B., Shu, X., Tang, Y. (2005). Comparison of semi-circular bending and indirect tensile strength tests for HMA mixtures. *Advances in Pavement Engineering*. 2 (3), 127-141
- Iyinam. S., Ergun. M., & Iyinam A.F. (2017). Modeling of state highway pavement maintenance work. *Scientific Research and Essays*. Vol. 5(21), Available online at



- <http://www.academicjournals.org/SRE>, 4 November, 010, pp. 3201-3205. *A Pavement Performance Estimation Modeling for Turkey Highways* *Turkey\_Highways*, Sep 28.
- Jegatheesan, P., Gnanendran, C. T. , Lo, S.-C. R. ( 2010). Characterization of cementitious stabilized granular materials for pavement design using unconfined compression and IDT testings with internal displacement measurements, *Journal of Materials in Civil Engineering*, 22 (5), 495-505.
- KGM, (2015). Information of Road Network”, General Directorate of Turkish Highways <http://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Istatistikler/DevletIIYolEnvanter/SatihYolAgiUzunlugu.pdf>
- Korakod, L. & Peerapong, R. (2016). Damage Behavior of Cement-Treated Base Material. *Procedia Engineering*, 143, 161-169.
- Motz, M. & Geiseler, C. (2001). Products of steel slags an opportunity to save natural resources. *Waste Management*, 21, 285-293.
- Nusit, K., Jitsangiam, P. Kodikara, H. & Bui, J. H. (2015). Cyclic loading responses of cement-stabilised base materials: An investigation on moduli for pavement design, *12th Australia New Zealand Conference on Geomechanics*, Wellington, NZ.
- Olesen, J.F., Østergaard, L., Stang, H. (2006) Nonlinear fracture mechanics and plasticity of the split cylinder test. *Mater Struct* 39(4):421–432.
- SCA (Slag Cement Association), 2013. Use of slag cement in soil cement, No:23
- Stempihar, J. (2013). Development of the fracture test for asphalt concrete mixtures. *Ph.D. Thesis*, Arizona State University
- Sukumaran, B., Kyatham, V., Shah, A., Sheth, D. (2002). Suitability of using California Bearing Ratio test to predict resilient modulus. *Proceedings of Federal Aviation Administration Airport Technology Transfer*, Atlantic City, NJ
- U.S. Department of Transportation (1996). Stabilized Base Courses for Advanced Pavement Design Report , DOT/FAA/AR-97/65.
- White, G. W. & Gnanendran, Y. (2002). The characterisation of cementitious in-situ stabilised pavement materials: the past, the present and the future. *Road & Transport Research Journal*, Volume11, No. 4. Page no. 56-69.
- Zhu, L. & Erarslan, N. (2013). Damage Mechanism of Lightly Cemented Granular Materials under Static and Dynamic Loading Conditions. *PhD Thesis*, The University of Queensland, Australia.
- Zhong, X. & Chang, C.S. (1999) .Micromechanical modeling for behavior of cementitious granular materials. *J Eng Mech* 125(11):1280–1285.



## ADSORPTION OF METHYLENE BLUE DYE FROM AQUEOUS SOLUTION ON URFA STONE: ADSORPTION KINETICS, EQUILIBRIUM, THERMODYNAMICS AND MECHANISM

Mehmet Fatih DİLEKOĞLU

Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, ŞANLIURFA

[dilekoglu@harran.edu.tr](mailto:dilekoglu@harran.edu.tr)

Erdal SAKİN

Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi, ŞANLIURFA

[esakin@harran.edu.tr](mailto:esakin@harran.edu.tr)

Ayşe CEBE

Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, ŞANLIURFA

[aysecebe1@gmail.com](mailto:aysecebe1@gmail.com)

**ABSTRACT:** Color removal from wastewater of industries using paints requires very high costs. Because of this, it is important to investigate low-cost, locally abundant, high-purity and environmentally-friendly adsorbents and it has been investigated as an alternative to current expensive methods of removing dyestuffs from waste water, since urfa stone can be used as an adsorbent with these properties. This study investigates the potential of urfa stone to remove methylene blue (MB) dye from synthetically prepared waste water. Laboratory experiments were carried out batch experiments. Urfa Stone's MB sorption performance was calculated by the dosage (0.1, 0.25, 0.5 and 1 gr) and initial concentrations (5, 10, 20, 30 and 40 mg L<sup>-1</sup>). Experiments were also performed for different pHs (3, 5, 7, 8, 98 and 11). Two kinetic models (pseudo second order and pore diffusion) were used to calculate the adsorption ratios. The mechanism of adsorption by Lagergren equilibrium was also studied. Experimental data were analyzed using Langmuir and Freundlich and Tempkin equations. As a result, it was understood that the adsorption of Methylene dyestuff on the Urfa Stone was in full agreement with the Langmuir isotherm, and that it was partly in the order of the Tempkine isotherm. It has been understood that the pseudo second order kinetics and pore diffusion mechanism can be applied to the kinetics of adsorption and the intraparticulate diffusion rate is the effective mechanism. It has been determined that the adsorption tends to spontaneously occur, and that the Urfa stone has a natural affinity to the methylene blue dye. It has been understood that Urfa stone can be used as a natural, economical and environmentally friendly adsorbent.

**Keywords:** Adsorption, methylene blue, Urfa stone, adsorption mechanism

## METİLEN MAVİSİ BOYAR MADDESİNİN SULU ÇÖZELTİDEN URFA TAŞI ÜZERİNE ADSORPSİYONU: ADSORPSİYONUN KİNETİĞİ, DENGESİ, TERMODİNAMİĞİ VE MEKANİZMASI

**Özet:** Boyar madde kullanan endüstrilerin atık sularından renk giderimi oldukça yüksek maliyetler gerektirmektedir. Bu nedenle düşük maliyetli, yerel olarak bol bulunan, yüksek verime sahip ve çevreye duyarlı adsorbentlerin araştırılması önem arz ettiğinden, urfa taşının bu hususiyetlere sahip bir adsorbent olarak kullanılabileceği düşünülverek, atık sudan boyaları uzaklaştırmının güncel pahalı yöntemlerine alternatif bir adsorbent olarak



incelenmiştir. Bu çalışma, urfa taşının sentetik olarak hazırlanmış atık sularдан metilen mavisi (MB) boyaya uzaklaştırma potansiyelini araştırmaktadır. Laboratuvar deneyleri kesikli olarak yürütülmüştür. Urfa taşının MB sorpsiyonu performansını, dozaj (0.1, 0.25, 0.5 ve 1 gr) ve başlangıç konsantrasyonları (5, 10, 20, 30 ve 40 mg L<sup>-1</sup>) ile hesaplandı. Deneyler farklı pH (3, 5, 7, 8.98 ve 11) için de yapıldı. Adsorpsiyon oranlarının hesaplanması için iki kinetik model (yalancı ikinci mertebeden ve pore difüzyonu) kullanıldı Ayrıca Lagergren eşitliği ile adsorpsiyonun mekanizması incelendi.. Deneysel veriler, Langmuir ve Freundlich ve Tempkin denklemleri kullanılarak analiz edildi. Elde edilen neticede Metilen mavisi boyasının Urfa Taşı üzerinde adsorpsyonunun Langmuir izotermine tam uyum gösterdiği, kısmen Tempkin izotermine uyduğunu göstermiştir. Yalancı ikinci mertebe kinetiği ve por difüzyonu mekanizmasının adsorpsiyonun kinetiğine uygulanabileceği ve intrapartiküler difüzyon hızının etkili mekanizma olduğu anlaşılmıştır. Adsorpsiyonun kendiliğinden meydana gelme eğiliminde olduğu, Urfa taşının metilen mavisine doğal ilgisinin bulunduğu tespit edilmiştir. Urfa taşının doğal, ekonomik ve çevreci bir adsorbent olarak kullanılabileceği anlaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Adsorpsiyon, metilen mavisi, Urfa taşı, adsorpsiyon mekanizması



## WIND TURBINE CONCEPTS AND GENERATOR TOPOLOGIES FOR WIND ENERGY CONVERSION SYSTEMS

Meliksah OZAKTURK\*

\*Department of Energy Systems Engineering, Iskenderun Technical University, Hatay.  
meliksah.ozakturk@iste.edu.tr

**ABSTRACT:** In this paper, the generator topologies for the wind energy conversion systems and main wind turbine concepts are presented. Horizontal and vertical axis wind turbines; fixed and variable speed wind turbines are briefly given. The common generator types employed in both fixed and variable speed wind turbines are highlighted. The comparison between the generator topologies, the advantages and the disadvantages of the wind turbine systems are also included in this work.

**Key words:** Wind turbine, generator topology, fixed speed, variable speed, conversion

### INTRODUCTION

The wind has been serving the human beings for thousands of years. The initial purposes of using the wind power were to sail ships, pump water and grind grains. The first electric generating wind turbine, whose capacity was about 12 kW, was invented by Charles F. Brush, in 1888, in Cleveland, Ohio. However, the oil crisis in the early 1970s led to wind power drawing great attention as an alternative source to fossil fuels to generate cleaner electrical power. Since then wind turbine technology has been increasingly evolving year-to-year.

Most governments and policy-makers in the world has now aimed at reducing the carbon dioxide emissions to the atmosphere. To achieve their targets, they have started to invest in environmental friendly energy technologies also known as new and renewable energy resources (i.e. hydro, wind, solar, thermal, wave, etc.). Wind, amongst these resources, has been of greatest interest to date to countries, especially with low solar energy resource. The Global Wind Energy Council (GWEC) announced that the total installed wind capacity worldwide reached 486.8 GW peak in 2016. According to Wind Europe's Central Scenario, 323 GW wind energy capacity would be installed in the EU by 2030. With this capacity, 888 TWh of electricity would be generated by wind energy which is equivalent to 30% of the EU's power demand.

In this paper, the general knowledge about the wind power and wind turbine concepts is given. The common generator topologies mostly used in wind turbines; their advantages and disadvantages are presented.

### WIND POWER CONVERSION

The design of wind turbines is supposed to allow the maximum energy capture from the wind. The power already existing in the wind can be formulated as:

$$P_{wind} = \frac{1}{2} \cdot \rho_{air} \cdot A \cdot V_{wind}^3 \quad (1)$$

where  $P_{wind}$  is wind power ( $\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^3 = \text{watt}$ ),  $\rho_{air}$  is the air density ( $= 1.225 \text{ kg/m}^3$ ),  $V_{wind}$  is wind speed (m/s),  $A$  is the swept area by the rotor blades ( $= \pi \cdot R^2$  in  $\text{m}^2$ ) and  $R$  is the radius of the blades (m). Only a fraction of the wind power is captured by the blades as mechanical power;

$$P_{mech} = C_p(\lambda, \beta) \cdot P_{wind} \quad (2)$$

where  $C_p$  is the power efficiency coefficient,  $\lambda$  is the tip-speed ratio (radian) and  $\beta$  is the pitch angle (degree). The tip-speed ratio,  $\lambda$ , is defined as:

$$\lambda = \frac{\omega_m \cdot R_b}{V_{wind}} \quad (3)$$

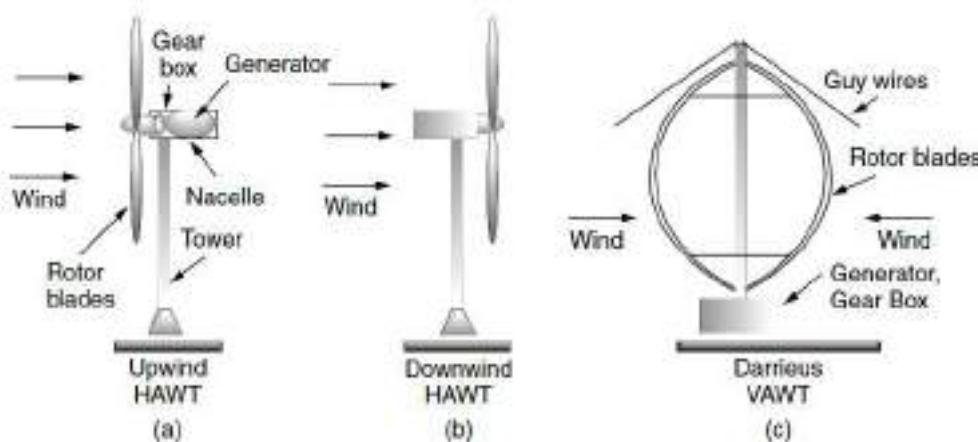
where  $\omega_m$  is the rotational speed of the blade (mechanical rad/s). By substituting Equation 1 into Equation 2, the mechanical power ( $P_{mech}$ ) captured from wind by wind turbine can be re-written as:

$$P_{mech} = \frac{1}{2} \cdot \rho_{air} \cdot C_p(\lambda, \beta) \cdot A \cdot V_{wind}^3 \quad (4)$$

Theoretically the maximum value of  $C_p$  is restricted to  $16/27$  ( $C_{p,max} \approx 0.5926$ ) by Betz's limit, which means that a wind turbine cannot extract more than 59.3% of the power from the wind. However, the applicable  $C_p$  values vary from 0.25 to 0.45.

## WIND TURBINE CONCEPTS

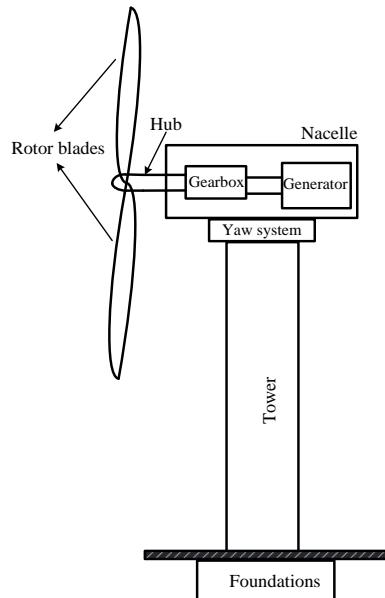
Wind turbines can be divided into two main categories based on the rotating axis direction: vertical axis wind turbines (VAWTs) and horizontal axis wind turbines (HAWTs). Nowadays, the use of VAWTs, which are also known as Darrieus rotor turbines named after their French inventor, is very rare. The most common wind turbine type used in the wind energy conversion systems is the three-bladed, upwind design and either stall or mostly pitch-controlled HAWTs. In Figure 1, two types of HAWTs and one type of VAWTs are illustrated.



**Figure 1. Wind turbine types**

A typical horizontal axis wind turbine mainly consists of two subsystems, namely a mechanical system and an electrical system. The main components of a horizontal axis

wind turbine are given in Figure 2. A wind turbine system is comprised of a rotor and its hub, two or mostly three rotor-blades, a nacelle, a gearbox, an electrical generator, the yaw mechanism, sensors and controllers, a tower, the foundations, a protection system, and a transformer.



**Figure 2. The main components of a typical horizontal axis wind turbine**

The nacelle is mounted on the tower which is built on the foundations. The drive-train components (low- and high-speed shafts, gearbox, generator, aerodynamic control i.e. stall or pitch control, and a mechanical brake) are placed in the nacelle. The rotor blades are fixed onto the hub and coupled to the rotor and then the gearbox via a low-speed shaft.

Wind turbines can further be categorised into fixed speed and variable speed in terms of the rotor speed type. In fixed speed wind turbines (FSWTs), neglecting the operating slip variation as it is generally below 1%, the wind turbine rotor speed is regarded as fixed and determined by the network frequency. Although FSWTs are simple, robust, reliable and well-proven with a lower cost of electronic components (no frequency converters are used), the major disadvantages are uncontrollable reactive power consumption, higher mechanical stress and poor power quality. The lack of ability to control active and reactive power independently is another drawback. Because of the fixed speed operation, any fluctuation in the wind power input is transferred to the generator torque and then lastly reflected through to the electrical power. This system is also very sensitive to voltage dips during grid faults. A squirrel cage or wound rotor induction generator can be used in fixed speed wind turbine systems.

The architecture of variable speed wind turbines (VSWTs) allows the acquisition of maximum aerodynamical efficiency for a certain range of the wind speeds. Over time, since the wind turbine size has become larger, the typically used wind turbine concept has evolved to VSWTs from FSWTs. The attractive advantages of VSWTs are reduction in mechanical loads and stresses, increased energy capture, and lower acoustic noise and improved power quality. With their capability of providing independent active and reactive power control, VSWTs make themselves more favourable and popular. More complexity in control and additional power converter components, which increases both cost and the losses due to power electronics, are the main disadvantages of VSWTs.



## GENERATOR TOPOLOGIES

Electrical generators are divided into two main groups: DC (direct current) and AC (alternating current) generators. DC generators are today not in use in main-stream wind conversion systems. However, permanent-magnet DC generators are used in very small wind turbines for recharging batteries. AC generators are categorised into asynchronous (induction) generators and synchronous generators (alternators).

The most used generator type in wind turbines is the induction generator. Induction generators are classified into squirrel cage, where the rotor is short-circuited, and wound rotor induction generators, where the rotor is connected via slip rings to an external circuit. Reactive power for the induction generators can be provided by the network or power electronic equipment. Squirrel cage induction generators are generally used in fixed speed wind turbines. Wound rotor induction generators can further be categorised into variable slip (OptiSlip® by Vestas) induction generator (OSIG) and doubly-fed induction generator (DFIG) types. These two configurations are utilised in variable speed wind turbines.

Synchronous generators are more expensive and require more complex mechanical design than an induction generator. There are two types of synchronous generators being employed in wind turbines, namely the wound rotor synchronous generator (WRSG) and the permanent magnet synchronous generator (PMSG). Other types of generator have been discussed for wind turbines but are presently not widely used: these include high-voltage generators, switch-reluctance generators, transverse flux generators, and aero-generator concepts (for vertical axis wind turbines).

## SQUIRREL CAGE INDUCTION GENERATOR (SCIG) WIND TURBINES

A typical squirrel cage induction generator wind turbine configuration is illustrated in Figure 3. This design is known as a fixed speed wind turbine. The generator is directly connected to the network via a transformer. In order to prevent it drawing reactive power from the grid, a capacitor bank is placed to achieve reactive power compensation. This capacitor bank also provides the required reactive power to energise the SCIG. A soft-starter is used to minimise the transient current during the magnetisation of the generator. Thus, the grid connection of the SCIG based wind turbines is made smoother.

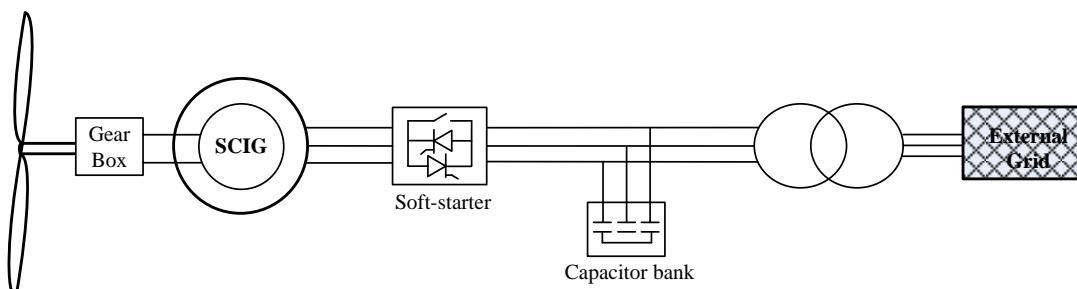
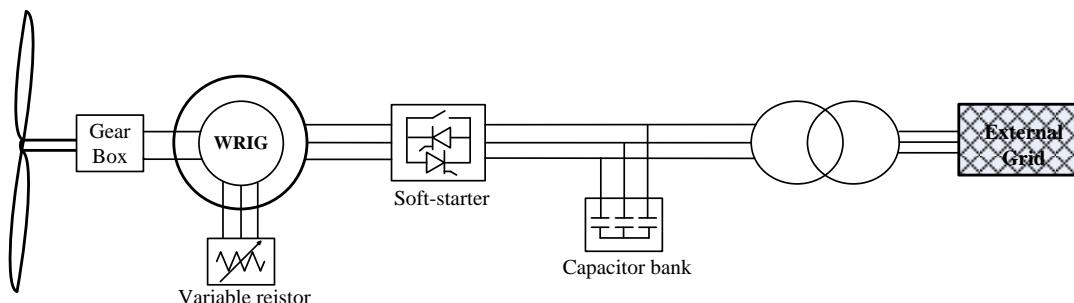


Figure 3. A typical configuration of SCIG wind turbine

## WOUND ROTOR INDUCTION GENERATOR (WRIG) WITH VARIABLE ROTOR RESISTOR (OPTISLIP®)

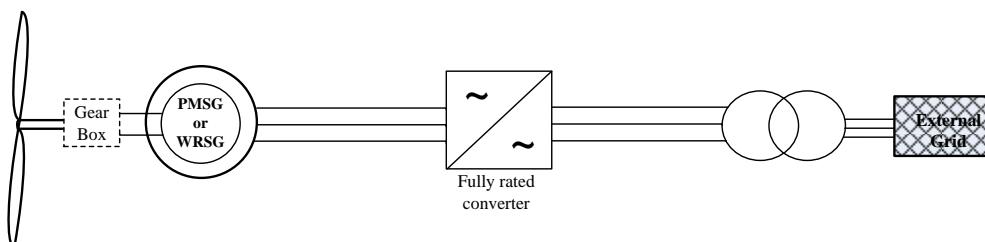
An alternative concept to the fixed speed wind turbines equipped with a squirrel cage induction generator has been developed by Danish manufacturer Vestas to minimise the load and improve power quality. In this concept a wound rotor induction generator coupled directly to the grid via a transformer is used. As in the SCIG wind turbine concept, a soft-starter and a capacitor bank are both used for the same purposes. Using a variable rotor resistance, the variable speed operation is maintained typically up to 10% above synchronous speed. This concept is shown in Figure 4, which is also known as OptiSlip®.



**Figure 4. WRIG with variable rotor resistor (OptiSlip®)**

#### VARIABLE SPEED WIND TURBINES WITH FULLY-RATED CONVERTER (PMSG/WRSG)

This configuration employs a permanent magnet or wound rotor synchronous generator with a fully-rated power converter. The generator is connected to the grid via transformer through a fully-rated converter (see Figure 5). In this concept, a gearbox may not be required in the case of multi-pole synchronous generators. Being quite expensive and complicated in terms of mechanical design are considered the main drawbacks of this topology. In comparison to induction generators, synchronous generators do not need a magnetising current which is regarded a dominant advantage, since it improves efficiency.

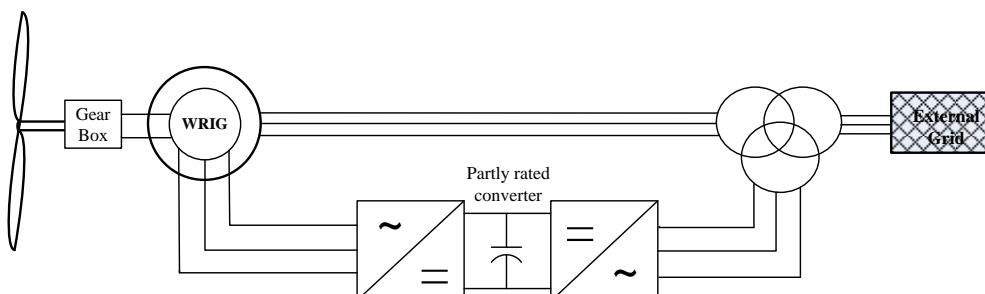


**Figure 5. Fully-rated variable speed wind turbine (PMSG or WRSG)**

#### VARIABLE SPEED WIND TURBINES WITH PARTLY-RATED CONVERTER

The most dominant of the wind turbine generator concepts in the market is the doubly fed induction generator (DFIG) based wind turbine. With the use of a partly-rated power converter, the converter rating drops to about 30% of the generator rated power. This results in a lower cost and size of converter design. A DFIG typically uses a wound rotor induction generator. The stator winding of the generator is coupled to the grid via a three phase three winding transformer, while the rotor windings are connected by a bi-directional back-to-back partially-rated power converter. The significant advantages of the DFIG are the independent control of stator active and reactive power, reduced mechanical

stress, better power quality, lower cost and lower acoustic noise. The requirement of regular maintenance of the slip rings is the disadvantage of using the DFIG based wind turbine topologies. In Figure 6, the DFIG concept is depicted.



**Figure 7. Partly-rated variable speed wind turbine**

## CONCLUSION

The first wind turbine used to generate electricity was mentioned. The installed capacity of wind power plant in the world and the future scenarios for EU were statistically given. The wind power conversion equations were presented. The horizontal axis, vertical axis wind turbines, fixed speed and variable speed wind turbines are summarised. The wind turbine concepts and the main components of a typical horizontal axis wind turbine are briefly described. Finally, the generator topologies for the both fixed and variable speed wind energy conversion systems were depicted.

## REFERENCES

- Abad, G., & Lopez, J., & Rodriguez, M. A., & Marroyo, L., & Iwanski, G. (2011). *Doubly fed induction machine: modeling and control for wind energy generation*. Wiley-IEEE Press.
- Ackermann, T. (2012). *Wind power in power systems*. 2<sup>nd</sup> edition, John Wiley & Sons Ltd.
- Anaya-Lara, O., & Jenkins, N., & Ekanayake, J., & Cartwright, P., & Hughes, M. (2009). *Wind energy generation – modelling and control*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Burton, T., & Jenkins N., & Sharpeand, D., & Bossanyi, E. (2011). *Wind energy handbook*, 2<sup>nd</sup> edition, John Wiley & Sons, Ltd.
- Boldea, I. (2006). *Variable speed generators*. CRC Press.
- Ekanayake, J. B., & Holdsworth, L., & XueGuang, W., & Jenkins, N. (2003). Dynamic modeling of doubly fed induction generator wind turbines, *IEEE Transactions on Power Systems*, 18(2), 803-809.
- Global Wind Energy Council (GWEC), Global Wind Report 2016 – Annual market update, 2016. <http://files.gwec.net/files/GWR2016.pdf?ref=Website>
- Hansen, A.D., Hansen, L. H. (2007). Wind turbine concept market penetration over 10 years (1995-2004). *Wind Energy*, 10(1), 81-97.
- Hansen, A. D., & Sorensen, P., & Iov, F., & Blaabjerg, F. (2004). Control of variable speed wind turbines with doubly-fed induction generators, *Wind Engineering*, 28(4), 411-434.



- Hansen, A. D., & Lov, F., & Blaabjerg, F., & Hansen, L. H. (2004). Review of contemporary wind turbine concepts and their market penetration. *Wind Engineering*, 28(3), 247-263.
- Hau, E. (2013). *Wind turbines - fundamentals, technologies, applications, economics*. 3<sup>rd</sup> edition, Springer-Verlag.
- Khadraoui, M. R., & Elleuch, M. (2008). Comparison between OptiSlip and fixed speed wind energy conversion systems. *IEEE 5th International Multi-Conference on Systems, Signals and Devices*.
- Lei, T., & Barnes, M., & Ozakturk, M. (2012). Doubly-fed induction generator wind turbine modelling for detailed electromagnetic system studies. *IET Renewable Power Generation*, 7(2), 180-189.
- Master, G. M. (2013). *Renewable and efficient electric power systems*. John Wiley & Sons Inc.
- Muller, S., & Deicke, M., & De Doncker, & R. W. (2002). Doubly fed induction generator systems for wind turbines, *IEEE Industry Applications Magazine*, 8(3), 26-33.
- Ozakturk, M., (2012). Power electronic systems design co-ordination for doubly-fed induction generator wind turbines, *PhD Thesis*, University of Manchester, UK.
- Patel, M. R. (2005). *Wind and solar power systems: design, analysis, and operation*. 2<sup>nd</sup> edition, CRC Press.
- Shahan, Z. (2014). History of wind turbines.  
<http://www.renewableenergyworld.com/ugc/articles/2014/11/history-of-wind-turbines.html>
- Wind Europe's Report, Wind energy in Europe: Scenarios for 2030", 22 September 2017.  
<https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/reports/Wind-energy-in-Europe-Scenarios-for-2030.pdf>



## USE OF GEOTHERMAL WATER OBTAINED FROM DIFFERENT RESOURCES IN THE PRODUCTION OF *SPIRULINA (ARTHROSPIRA PLATENSIS)*

Betül GÜROY

Armutlu Vocational School, Yalova University, Armutlu, Yalova, Turkey

[betulguroy@yahoo.com.tr](mailto:betulguroy@yahoo.com.tr)

Derya GÜROY

Armutlu Vocational School, Yalova University, Armutlu, Yalova, Turkey

[dguroy@yahoo.com](mailto:dguroy@yahoo.com)

Onur KARADAL

Armutlu Vocational School, Yalova University, Armutlu, Yalova, Turkey

[onurkaradal@gmail.com](mailto:onurkaradal@gmail.com)

Serhan MANTOĞLU

Armutlu Vocational School, Yalova University, Armutlu, Yalova, Turkey

[serhanmantoglu@gmail.com](mailto:serhanmantoglu@gmail.com)

**ABSTRACT:** In this study, it was aimed to use the waters taken from two different geothermal sources of Turkey (Armutlu, Yalova and İncirliova, Aydın) as culture medium in *Arthrosphaera platensis* microalgae. Armutlu and İncirliova geothermal waters, Schröder medium and distilled water were mixed with 25%, 50%, 75% and 100% of the total nutrient media prepared and stored in 500 mL Erlenmeyer flasks. The trial was carried out under controlled conditions for 22 days. Optical densities of all flasks were measured daily at 750 nm with a spectrophotometer (Hach Lange DR-2800). In the study, it was found that 25% of İncirliova geothermal water and 50% of Armutlu geothermal water have a positive effect on the development of distilled water mixtures of *Spirulina*. The effects of geothermal waters obtained from different sources on algae production need to be investigated in more detail.

**Key words:** Algae, *Spirulina*, geothermal water, Armutlu, İncirliova

## INTRODUCTION

Micro-algae are one of the smallest, most ancient and robust organisms living on earth and one of the tiniest plants, which alone produce about 60 percent of the earth's oxygen (Milledge, 2011). All the essential vitamins and minerals can be provided by micro-algae. The most widely used micro-algae for food and nutrition are two particular species, *Spirulina* sp. and *Chlorella* sp., these contain about 60 percent protein. Conventionally, microalgae are cultivated in open ponds (Belay et al., 1993). *Spirulina* (*Arthrosphaera platensis*) is a healthy food consumed as human food and used in the treatment of various diseases. It's composed of 60% highly digestible vegetable protein, has extremely high concentrations of beta carotene, vitamin B-12, iron and trace minerals, and the rare essential fatty acid GLA – Gamma-Linolenic Acid. It has a balanced spectrum of amino acids, chlorophyll, and the blue pigment, phycocyanin. *Spirulina* is naturally found in alkaline or soda lakes around the world. However, *Spirulina* is also produced under culture



conditions using media containing different nutrients. *Spirulina* is a very expensive product, it is important to reduce the production cost, culture media components and energy costs have the largest share.

Turkey is rich in geothermal water resources and it has many geothermal resources at different temperatures in the form of about 1,000 natural outcrops. Nearly 90% of geothermal resources in our countries are low and moderate temperatures and are suitable for heating, thermal tourism, mineral fertilizer and greenhouse activities (Republic of Turkey Ministry of Energy and Natural Resources, 2017). However, geothermal waters are used in heating the recirculating aquaculture system and in the production of various ornamental fish (Tomaszewska and Pajak, 2013, Farghally et al., 2014, Andritsos et al., 2015). In addition to all these, geothermal water may contain macro and micro nutrients required for microalgae cultivation and may be considered as *Spirulina*'s culture medium. Therefore, in this study, it was aimed to use the waters taken from two different geothermal resources of Turkey (Armutlu, Yalova and İncirliova, Aydın) as a culture medium in a small scale (500 mL) *Arthrospira platensis* microalgae.

## METHODS

The *Spirulina* strain used in the study was produced at Algae Culture Unit of Yalova University Armutlu Vocational School. Starter cultures were obtained at 30 °C in Schlösser medium and microglobulin in 1000 lux illumination. Armutlu and İncirliova geothermal waters, Schlösser medium and distilled water were mixed with 25%, 50%, 75% and 100% of the total nutrient media prepared and stored in 500 mL Erlenmeyer flasks. Then, each culture medium was supplemented with 1: 6 starting culture for 22 days. During the study, the ambient temperature was set at  $27.45 \pm 0.06$  °C and ventilation was continued at a slow rate for circulation of cultures. Optical densities of all bottles were measured daily at 750 nm with a spectrophotometer (Hach Lange DR-2800). The data obtained in the trial were subjected to one-way ANOVA.

## RESULTS AND FINDINGS

25% of the İncirliova geothermal water and 50% of the Armutlu geothermal water were found to have positive effects on *Spirulina* development. The best growth in % 25 Aydın geothermal water + 75% the Schlösser group was found in the days of 1.79 to 17th day and it was found to be 1.53 in the 22nd day. % 25 Aydın geothermal water + 75% pure water was measured as 2.71 on the 17th day and 1.59 on the 22nd day. The optical densities on the 17th and 22nd days in the 50% Armutlu geothermal water + 50% Schlösser medium were found to be 1.57 and 1.36, respectively. In the mixture of 50% Armutlu geothermal water + 50% pure water, optical densities on the same days were recorded as 1.81 and 1.22.

## CONCLUSION

*Spirulina* is one of the most useful herbal foods because it contains high protein content and balanced essential amino acids. It also shows anticancer properties with phycocyanin in its structure. In this work, *Spirulina*, known for its valuable properties, has been successfully produced in geothermal waters. Further studies suggest that bioactive compounds and alternative nutrient media should be addressed in the production of microalgae.



## ACKNOWLEDGEMENT

This study was funded by the Republic of Turkey Ministry of Food, Agriculture and Livestock, General Directorate of Agricultural Research and Policies with the Project Number 16/R&D/22. We would like to thank Armutlu Mayor Mehmet Birkan and İncirliova Mayor Gürsat Kale for helping to supply the geothermal waters used in this study.

## REFERENCES

- Andritsos, N., Dalambakis, P., Arvanitis, A., Papachristou, M., Fytikas, M. (2015). Geothermal developments in Greece - Country update 2010-2014. Proceedings World Geothermal Congress 2015, Melbourne, Australia, 19-25 April 2015, 11 p.
- Belay, A., Ota, Y., Miyakawa, K., Shimamatsu, H. (1993). Current knowledge on potential health benefits of Spirulina. *Journal of Applied Phycology*, 5, 235-241.
- Farghally, H.M., Atia, D.M., El-Madany, H.T., Fahmy, F.H. (2014). Control methodologies based on geothermal recirculating aquaculture system. *Energy*, 78, 826-833.
- Milledge, J.J. (2011). Commercial application of microalgae other than as biofuels: a brief review. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 10, 31-41.
- Republic of Turkey Ministry of Energy and Natural Resources (2017). <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Jeotermal>
- Tomaszewska, B., Pajak, L. (2013). Using treated geothermal water to replenish network water losses in a district heating system. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22(1), 243-250.



## SANDWICH FABRICS AS INDUSTRIAL TEXTILE PRODUCT

Hatice Kübra ARIKAN

The University of Kahramanmaraş Sütçü İmam, Department of Industrial Product Design  
haticekubraarikan@gmail.com

Ahmet GANI

The University of Kahramanmaraş Sütçü İmam, Faculty of Engineering and Architecture,  
Department of Electrical and Electronics Engineering  
agani@ksu.edu.tr

Mustafa Oğuz GÖK

The University of Kahramanmaraş Sütçü İmam, Faculty of Fine Arts, Department of  
Textile and Fashion Design  
gokmustafaoguz@gmail.com

**ABSTRACT:** Along with the changing and developing living conditions, new materials and products are discovered and production continues to increase. A wide variety of materials are used in the industrial field to achieve the desired performance. However, textile materials are among the most preferred materials in product construction due to their economical and technical advantages. While textile materials are mostly produced in two dimensions, it is possible to produce in three dimensions by developing technology and increasing need. Sandwich fabrics in the new textile product innovation are three dimensional structures, especially those designed with textile materials which are used in the industrial field and are important for the future. The advantages of sandwich fabrics are attracted by its excellent pressure resistance, air permeability, elasticity, insulation, bending performance and drape. They have a wide range of uses because they allow the combination of different materials in the production of three dimensional textile materials. In this study, industrial field sandwich textile products are given brief information about the production technologies and their usage areas are investigated.

**Key words:** industrial textiles product, 3D textiles, sandwich fabrics.

## ENDÜSTRİYEL TEKSTİL ÜRÜNÜ OLARAK SANDVIÇ KUMAŞLAR

**ÖZET:** Değişen ve gelişen yaşam şartları ile birlikte, yeni malzeme ve ürünler keşfedilerek üretimleri artarak devam etmektedir. Endüstriyel alanda istenilen performansı gerçekleştirmesi için çok çeşitli malzeme kullanılmaktadır. Ancak tekstil yapılı malzemeler ise ekonomik ve teknik olarak sahip olduğu avantajlar nedeniyle ürün yapımında en fazla tercih edilen malzemeler arasındadır. Tekstil yapılı malzemeler çoğunlukla iki boyutlu üretilirken gelişen teknoloji ve artan ihtiyaç ile üç boyutlu üretimine imkan sağlanmaktadır. Yeni tekstil ürünü inovasyonunda sandviç kumaşlar üç boyutlu yapısı ile özellikle endüstriyel alanda kullanılan ve gelecek için önem taşıyan tekstil materyalleri ile tasarlanan yapılardır. Mükemmel basma dayanımı, hava geçirgenliği, esneme özelliği, yalıtım imkânı, eğilme performansı ve dökümlülüğü ile kullanıldığı yapı içerisinde kazandırdığı avantajları sandviç kumaşlar kullanıcıyı cezp etmektedir. Üç boyutlu tekstil materyallerin üretiminde farklı materyallerin birleşimine izin vermeleri nedeniyle geniş bir üretim ve kullanım alanına sahiptirler. Bu çalışmada, endüstriyel alanda sandviç tekstil



yapılı ürünlerin üretim teknolojileri hakkında kısa bilgi verilerek kullanım alanları incelenmiştir.

**Anahtar sözcükler:** endüstriyel tekstil ürünü, üç boyutlu tekstiller, sandviç kumaşlar.



## EFFECT OF MATERIAL AND PRODUCTION TECHNOLOGY ON PRODUCT

Hatice Kübra ARIKAN

The University of Kahramanmaraş Sütçü İmam, Department of Industrial Product Design  
haticekubraarikan@gmail.com

Mustafa Oğuz GÖK

The University of Kahramanmaraş Sütçü İmam, Faculty of Fine Arts, Department of  
Textile and Fashion Design  
gokmustafaoguz@gmail.com

Ahmet GANI

The University of Kahramanmaraş Sütçü İmam, Faculty of Engineering and Architecture,  
Department of Electrical and Electronics Engineering  
agani@ksu.edu.tr

**ABSTRACT:** Material science, which has an important place in industrial product design, is one of the basic, generic fields that provide input to all activities in the economy. Multi-functional material technology used in many industrial fields constitutes a large part of the product design process. With increasingly competitive environment, visuality and ergonomics as well as product functionality are among the factors driving the search for new materials. In this context, materials such as polymeric and composite materials, intelligent and functional materials have an important influence on the formation of the product form of the final product or semi-finished product process as well as the technical characteristics they possess. Material technology constitutes a large part of production as material support of industrial design. The progression of a modern industrial product not only enables the function and technique, but also the production of new materials. The rich variety of new materials and improved performance make progress in product innovations. At this way, with new materials produced, new production technologies can provide variations in creating a large number of desired forms in advanced product design. In this study, materials and production technology were investigated with changing products, form changing products and both production technology and product form as changeable products in order to investigate the effect of new materials and production technologies on product form.

**Key words:** material, material production technology, product, product design.

## ÜRÜN FORMUNA MALZEME VE ÜRETİM TEKNOLOJİSİNİN ETKİSİ

**ÖZET:** Endüstriyel ürün tasarımında önemli bir yere sahip olan malzeme bilimi ekonomide tüm faaliyetlere girdi sağlayan temel, jenerik alanlardan bir tanesidir. Birçok sanayi alanında kullanılan multi-fonksiyonel malzeme teknolojisi, ürün tasarım proseslerinde büyük bir kısmını oluşturur. Artan rekabetçi ortam ile ürünün işlevselliliğinin yanında görselliği ve ergonomisi yeni malzeme arayışına iten faktörler arasındadır. Bu bağlamda polimerik ve kompozit malzemeler, akıllı ve işlevsel malzemeler gibi materyaller sahip oldukları teknik özelliklerinin yanı sıra nihai ürün ya da yarı mamul ürün sürecinin ürün formunun oluşumunda önemli bir etkiye sahiptir. Malzeme teknolojisi endüstriyel tasarımın maddi dayanağı olarak üretimin büyük bir bölümünü



oluşturmaktadır. Modern endüstriyel bir ürünün ilerleyışı, yalnızca işlev ve tekniğinde değil, aynı zamanda yeni malzemelerin üretilmesine de olanak sağlar. Yeni malzemelerin zengin çeşitleri ve iyileştirilmiş performansları, ürün inovasyonlarında ilerleme sağlamaktadır. Bu sayede üretilen yeni malzemeler ile yeni üretim teknolojileri gelişmiş ürün tasarımında çok fazla sayıda istenilen formu oluşturmada varyasyonlar sağlayabilmektedir. Bu çalışmada yeni malzemeler ve üretim teknolojilerinin ürün formu üzerine etkisini incelemek amacıyla malzeme ve üretim teknolojisi değişen ürünler ile formu değişen ürünler ve hem üretim teknolojisi hem de ürün formu değiştirebilen ürünler olarak örnekler üzerinden incelenmiştir.

**Anahtar sözcükler:** malzeme, malzeme üretim teknolojisi, ürün, ürün tasarımı.



## THE PLACE OF THREE DIMENSIONAL (3D) BODY SCANNING SYSTEMS IN TURKEY'S TEXTILE INDUSTRY

Mustafa Oğuz GÖK

The University of Kahramanmaraş Sütçü İmam, Faculty of Fine Arts, Department of Textile and Fashion Design  
gokmustafaoguz@gmail.com

Ahmet GANI

The University of Kahramanmaraş Sütçü İmam, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Electrical and Electronics Engineering  
agani@ksu.edu.tr

Hatice Kübra ARIKAN

The University of Kahramanmaraş Sütçü İmam, Department of Industrial Product Design  
haticekubraarikan@gmail.com

**ABSTRACT:** 3D Body Scanner systems have made an important entrance to the world textile industry in recent years. These developments are closely followed in Turkey. As a result of studies on body structures of Turkish people, different results have been obtained in this subject. Standard body measurements (S, M, L and XL) and the body measurements of the Turkish people are different from each other. As a result of these results, the working systems that suitable sewing dress on body have been increased. These systems take body measurements in the cabin with the help of sensors and make them an artificial model in the computer. Measurements of people in different positions are taken. In such systems, a stretch dress is used. This model is converted into an artificial mannequin in computer. The designed this mannequin and the measurement information of the person is sent to the manufacturer. Personally production was done slowly in the past with these systems, but now with the development of these systems the production is done rapidly. The pre-production period of the garment is shortened. Since such systems are actualized in the computer, the error rate is less than that of the hand-sewn garments. Another advantage of the system is that it can be seen from the computer how the garment looks before it is sewn, if necessary, can be adjusted. There is only one company in our country that uses the scanner and makes distributorship and the sale is not yet done in the country. In this study, the advantages, disadvantages, problems and solutions of three-dimensional body scanning systems are mentioned.

**Key words:** 3D body scanner system, Turkey, textile, garment industry, model

## TÜRKİYE TEKSTİL ENDÜSTRİSİNDE ÜÇ BOYUTLU VÜCUT TARAMA SİSTEMLERİNİN YERİ

**ÖZET:** Üç boyutlu vücut tarama (3D Body Scanner) sistemleri son yıllarda dünya tekstil sektörüne önemli bir giriş yapmıştır. Bu gelişmeler Türkiye'den de yakından takip edilmektedir. Türk insanının vücut yapıları üzerine yapılan çalışmalar sonucunda bu konuda farklı sonuçlar elde edilmiş, standart beden ölçülerinin S, M, L ve XL'nin Türk insanının vücut yapılarıyla farklılıklar gösterdiği sonucuna varılmıştır. Bu sonuçlar neticesinde ülkemizde de vücudua uygun elbise dikimi yapabilen sistemler üzerine



çalışmalar artırılmıştır. Bu sistemler, vücut tarama sistemi yardımıyla kişilerin kabin içerisinde sensörler yardımıyla beden ölçülerini alarak bilgisayar ortamında yapay bir model haline getirmektedir. İnsanın farklı pozisyonlardaki ölçümleri alınmaktadır. Bu tür sistemlerde streç bir elbise kullanılmaktadır. Çıkarılan bu model bilgisayar ortamında yapay bir mankene dönüştürülmektedir. Tasarlanan bu manken ve kişinin ölçüm bilgileri üreticiye gönderilmektedir. Bu sistemler ile geçmişte kişiye özgü üretim yapılırken şimdi daha seri bir halde üretim gerçekleştirilmektedir. Giysinin ön üretim süresi kısalmaktadır. Bu tür sistemler bilgisayar ortamında gerçekleştiğinden elde dikilen giysilere oranla hata payı daha az olmaktadır. Sistemin bir başka avantajı ise giysinin henüz dikilmeden önce nasıl göründüğü bilgisayar ortamından görülebilmekte, gerekli düzenlemeler varsa gerçekleştirilebilmektedir. Ülkemizde tarayıcıyı kullanan ve distribütörlüğünü yapan tek bir firma bulunmaktadır ve satışı henüz yurt içine yapılmamaktadır. Bu çalışmada üç boyutlu vücut tarama sistemlerinin avantajları, dezavantajları, karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerilerinden bahsedilmiştir.

**Anahtar sözcükler:** üç boyutlu vücut tarama, Türkiye, tekstil, konfeksiyon, model



## BIO INSPIRED TEXTILE DESIGN

Mustafa Oğuz GÖK

The University of Kahramanmaraş Sütçü İmam, Faculty of Fine Arts, Department of Textile and Fashion Design

gokmustafaoguz@gmail.com

Hatice Kübra ARIKAN

The University of Kahramanmaraş Sütçü İmam, Department of Industrial Product Design

haticekubraarikan@gmail.com

Ahmet GANI

The University of Kahramanmaraş Sütçü İmam, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Electrical and Electronics Engineering

agani@ksu.edu.tr

**ABSTRACT:** Biomimetics or biologically inspired design is a newly explored domain provided by the oldest designer of all times; the nature. From nano to macro scale, nature has not only evolved to adapt developing materials, immaculate objects into highly sophisticated methods, systems and processes to solve problems but also provided excellent examples of functional designs. Ancient Greeks used mimesis in an attempt to understand works of nature and to govern art for beauty, truth, and the good within the context of physical world as a model. After Plato, the meaning of mimesis eventually shifted toward a specifically literary function in the ancient Greek society, and its use changed and was reinterpreted many times since then. It was late 1950s when biomimesis were reintroduced as the science of systems having similarity with the characteristics of natural systems or their analogues. Since then many designers try to find ways to reflect the effects of this natural vision into their fields of study. The aim of this paper is to provide a broad overview of objects, processes, and applications under development or available in the market place handled with the approach of biomimetics.

**Key words:** bio inspired design, biomimetics, Biomimicry, design, textile design.

## BİYOLOJİK OLARAK İLHAM ALINMIŞ TEKSTİL TASARIMI

**ÖZET:** Biyomimetik veya biyolojik olarak ilham alınmış tekstil tasarımları, en eski zamandan buyana tasarımcı olan doğa tarafından sağlanan yeni keşfedilmiş bir araştırma alanıdır. Nano'dan makro ölçüye doğru, doğa sadece problem çözmek için sistem ve proses geliştirmez, nesneleri çok sofistike yöntemlerle kusursuz hale getirir ve gelişen materyallere adaptasyonu evrimleştirir. Aynı zamanda fonksiyonel tasarımların mükemmel örneklerini sağlar. Eski yunanlılar bir model olarak fiziksel dünyanın bağlamı içerisinde iyilik, doğruluk ve güzellikle sanatı yönetmek ve doğanın çalışmasını anlamak için bir teşebbüste bulundular ve mimesisi kullandılar. Platodan sonra mimes'in anlamı, eninde sonunda eski Yunan toplumunda belirli bir edebi fonksiyona yöneldi ve o zamandan beri kullanımı değişti ve birçok kez yeniden yorumlandı. 1950'lerin sonunda, biyomimesis, doğal sistemlerin veya benzerlerinin özellikleriyle benzerlik gösteren sistemlerin bilimi haline getirildi. O günden beri birçok tasarımcı, bu doğal vizyonun çalışma alanlarına etkilerini yansıtmanın yollarını bulmaya çalışmaktadır. Bu bildirinin amacı, biyomimetik



yaklaşımıla ele alınan, pazarlama aşamasında veya geliştirilmekte olan nesneler, süreçler ve uygulamalar hakkında geniş bir genel bakış sağlamaktır.

**Anahtar sözcükler:** biyolojik ilham, biyomimetik, biyomimikri, tasarım, tekstil tasarımlı.



## SEA WATER RESISTANCE OF FLY ASH- AND SLAG-BASED GEOPOLYMER CONCRETE

Ahmet Emin KURTOĞLU  
Istanbul Gelisim University  
aekurto glu@gelisim.edu.tr

Abdulkadir ÇEVİK  
University of Gaziantep  
akcevik@gantep.edu.tr

Omar Hamid FARHAN  
University of Gaziantep  
opofj55@gmail.com

Radhwan Hajy Ali ALZEEBAREE  
University of Gaziantep  
alzeebaree@gmail.com

Mehmet Eren GÜLŞAN  
University of Gaziantep  
gulsan@gantep.edu.tr

**ABSTRACT:** This paper presents an investigation on the durability of geopolymer concrete produced using a class F fly ash (FA), ground granulated blast furnace slag (GGBFS) and alkaline activators. The specimens were submerged in 3.5% solution of sea water for up to 4 weeks. Ordinary Portland Cement (OPC) concrete was also used for quality control specimens for comparison purpose. The main parameters studied were the weight change, compressive strength, and splitting tensile strength. The performance of geopolymer concrete under sea water exposure was superior to that of normal concrete produced using ordinary Portland cement (OPC) concrete. Significant strength reduction, however, was observed in some of the geopolymer concrete samples with activators such as sodium silicate and sodium hydroxide. GGBFS-based geopolymer concrete exhibited the best performance among all specimens due to its high resistance capacity against chemical attack.

**Key words:** geopolymer concrete, ground granulated blast furnace slag, ordinary portland cement, durability

## INTRODUCTION

Geopolymer is a polymeric binding material introduced by Joseph Davidovits in 1970s and is a three-dimensional alumino-silicates material, which is a binder produced from the reaction of a source material consisting of high silica (Si) and aluminum (Al) with a concentrated alkaline solution (Hardjito, Wallah, Sumajouw, & Rangan, 2005). Geopolymer concrete consists of materials such as fly ash or ground granulated blast furnace slag (GGBFS) instead of cement, aggregate and alkaline liquids (Sodium hydroxide and Sodium silicate or Potassium hydroxide and Potassium silicate solutions)



instead of water. Geopolymers reportedly have high early strength and durability against harsh environments, which makes the geopolymers one of the possible alternatives to ordinary Portland cement (OPC) binders. Geopolymer production is possible through the use various source materials rich in silica and alumina. These materials include fly ash, silica fume, ground granulated blast furnace slag and metakaolin etc. Fly ash based geopolymers, however, have attracted more attention among researchers (Sanni & Khadiranaikar, 2012).

Concrete can resist various kinds of attacks for long time when submerged in seawater or under wetting-drying cycles. Seawater contains 3.5% dissolved salts including magnesium sulphate and sodium chloride. Sulphate ions cause chemical reactions on cement paste and this results in expansion, cracking and spalling in concrete (Bassuoni & Nehdi, 2009). Loss of concrete constituents, softening and erosion under seawater exposure is more dominant as compared to ettringite-induced expansion. This unwanted condition leads to concrete degradation caused by salt crystallization, erosion of concrete cover and/or expansion in the concrete pores (Ariffin, Bhutta, Hussin, Tahir, & Aziah, 2013; Deb, Sarker, & Barbhuiya, 2015; Lawania, 2016; Liu, 1991; Singh et al., 2013; Snelson & Kinuthia, 2010; Yang, Zhongzi, & Mingshu, 1996).

The present research was conducted to study the durability of geopolymer concrete manufactured using fly ash or GGBFS under sea water exposure. Mechanical strength of geopolymer concrete was determined by compressive strength and splitting tensile strength.

## MATERIALS AND METHODS

### Materials

In this experiment we used Ground Granulated Blast Furnace Slag and Portland cement CEM I 42.5 R, Class F fly ash. The chemical and physical characteristics of the fly ash, GGBFS and OPC are shown in Table 1. Crush limestone was used as Coarse and fine aggregate, with specify gravity 2.6 and the water absorption 0.8 for coarse aggregate and 1.4 for fine aggregate. The alkaline liquid combination of sodium hydroxide solution and sodium silicate solution to form the alkaline solution. The chemical installation of the Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> solution was Na<sub>2</sub>O=13.7% water 55.9% and SiO<sub>2</sub>=29.4% by mass. NaOH solution of 14M focus. Viscocrete 30 was used as Superplasticizers.

Table 1. Chemical Composition and Physical Properties of Fly Ash, OPC and GGBFS

Chemical analysis	Fly ash	GGBFS	OPC
<b>CaO</b>	<b>2.24</b>	<b>34.12</b>	<b>62.12</b>
<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>57.2</b>	<b>36.41</b>	<b>19.69</b>
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>24.4</b>	<b>10.39</b>	<b>5.16</b>
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>7.1</b>	<b>0.69</b>	<b>2.88</b>
<b>MgO</b>	<b>2.4</b>	<b>10.26</b>	<b>1.17</b>
<b>SO<sub>3</sub></b>	<b>0.29</b>	-	<b>2.63</b>
<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>3.37</b>	<b>0.97</b>	<b>0.88</b>
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	<b>0.38</b>	<b>0.35</b>	<b>0.17</b>
<b>Loss of ignition</b>	<b>1.52</b>	<b>1.64</b>	<b>2.99</b>
<b>Specify gravity</b>	<b>2.04</b>	<b>2.79</b>	<b>3.15</b>



Blaine fineness (m <sup>2</sup> /kg)	379	418	394
--------------------------------------	-----	-----	-----

### Mixing, Casting, and Curing

Mix design of geopolymmer concrete was indicated in Table 2. The basic process for manufacture the geopolymmer mixtures are adopted on Standard mixing method. Firstly, both aggregates in saturated surface dry (SSD) condition were mixed with GGBS or fly ash for about 2.5 minutes. Then, alkaline solution including sodium silicate and sodium hydroxide was added and mixed for 3.5 min. After that the concrete were casted in Cube (100mmx100mmx100mm), Cylinders (100mm Dia & 200mm Length) and compacted in two layers, whereas cylinder specimens 100 mm diameter and 200 mm height in three layers followed by compaction on vibration table for 10s to remove the air voids. The specimens with geopolymers concrete were oven cured at 70 °C temperature for 48hr, and then specimens put in ambient temperature for 28 days at 23°C before exposed to sea water solutions.

Table 2. Mix Design of Geopolymer Mixtures

Materials		Mix 1	Mix 2
<b>Coarse aggregate</b>	<b>Coarse Aggregate</b>	<b>1104 kg/m3</b>	<b>1104 kg/m3</b>
	<b>Fine Aggregate</b>	<b>552 kg/m3</b>	<b>552 kg/m3</b>
<b>Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>+NaOH</b>		<b>216 kg/m3</b>	<b>216 kg/m3</b>
<b>Fly ash</b>		<b>480 kg/m3</b>	-
<b>GGBFS</b>		-	<b>480 kg/m3</b>
<b>Superplasticizer (SP)</b>		<b>5.7984 kg/m3</b>	<b>5.7984 kg/m3</b>
<b>Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>/NaOH</b>		<b>2.5</b>	<b>2.5</b>
<b>Fly Ash or GGBFS /(Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>+NaOH)</b>		<b>0.45</b>	<b>0.45</b>
<b>48 hr Oven curing</b>		<b>70 °C</b>	<b>70 °C</b>

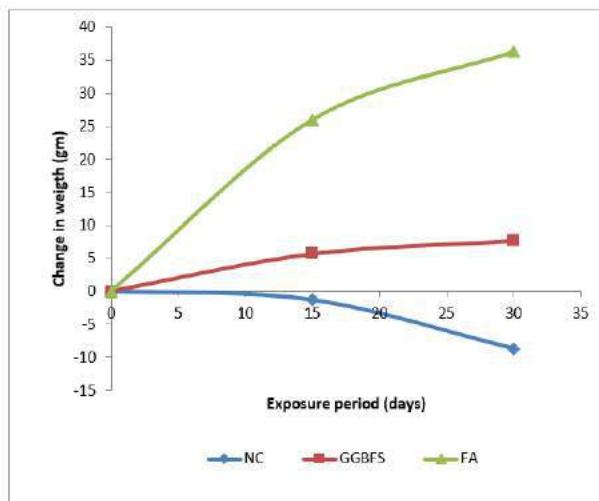
### Compressive Strength and Tensile Strength Test

The compressive strength test and splitting tensile strength were carried out at 28 and 56 days as AS1012.9-1999. The compression testing machine of 3000 kN and the rate of loading 1.5 KN/s. Of cube is and the splitting tensile testing machine of 3000 kN and the rate of loading 1 KN/s. of cylinder.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Change in Weight

In this study, the specimens were submerged in water until saturation for 24 h before the solutions test. An increase in weight changes was observed for the geopolymers samples after 15 and 30 days as shown in Fig. 1, due to the expansion caused by sea water exposure and formation of ettringite. The increase in weight GGBFS-GPC was less than those observed in FA-GPC. Furthermore, a reduction of weight of OPC samples was observed.


**Figure 1. Mass Change**

### Change in Compressive Strength

The compressive strength of geopolymers exposed to seawater are shown in Table 3, and Fig.2. The reduction of compressive strength was 5.77%, 7.82%, 10.7% for GGBFS-GPC, FA-GPC and OPC respectively, after 4 weeks of sea water exposure. The surface deterioration was observed in chloride immersion for GPC as well as OPC cubes. The expansion of surface clearly shows the formation of ettringite in GPC.

**Table 3. Results of Compressive Strength and Splitting Tensile Strength**

Mixes	Comp. test (MPa)		Splitting test (MPa)	
	Control	Sea water exposed	Control	Sea water exposed
NC	<b>54.53</b>	<b>48.68</b>	<b>5.51</b>	<b>5.02</b>
FA	<b>50.24</b>	<b>46.31</b>	<b>5.12</b>	<b>4.77</b>
GGBFS	<b>101.37</b>	<b>95.52</b>	<b>5.97</b>	<b>5.72</b>

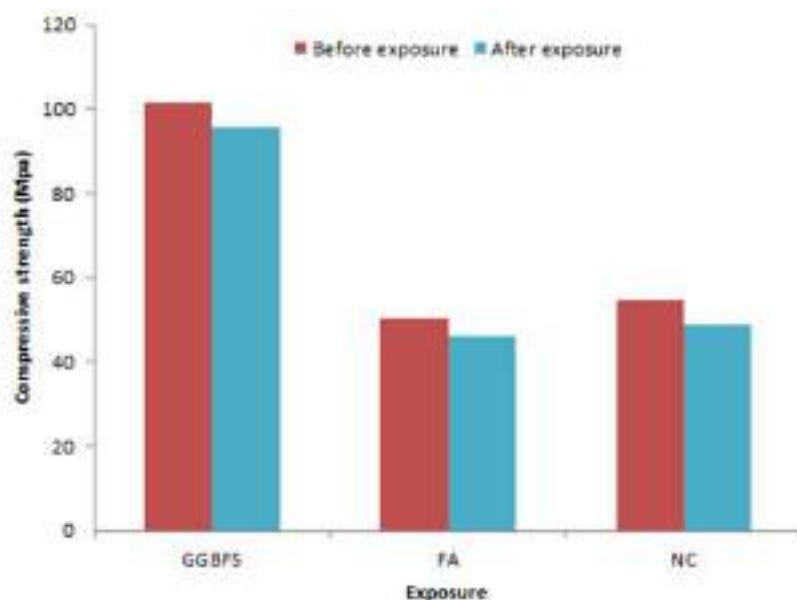


Figure 2. Compressive Strength for different mixes  
**Splitting Tensile Strength**

The splitting tensile strength of specimens exposed to seawater for a period of 30 days is shown in Table 3, and Fig 2. The reduction of splitting tensile strength after 4-weeks exposure was 4.18%, 6.83 %, 8.89% for GGBFS-GPC, FA-GPC and OPC respectively. The loss in strength of OPC may be attributed to the fact that salt water attacks cement hydration products CSH, CH and CAH to form gypsum. Destruction of CSH due to decalcification leads to loss of concrete strength because of reduced cohesion in Hydrated Cement Paste (HCP) and lowered bond between HCP and aggregate (Rajamane, Nataraja, Dattatreya, Lakshmanan, & Sabitha, 2012).

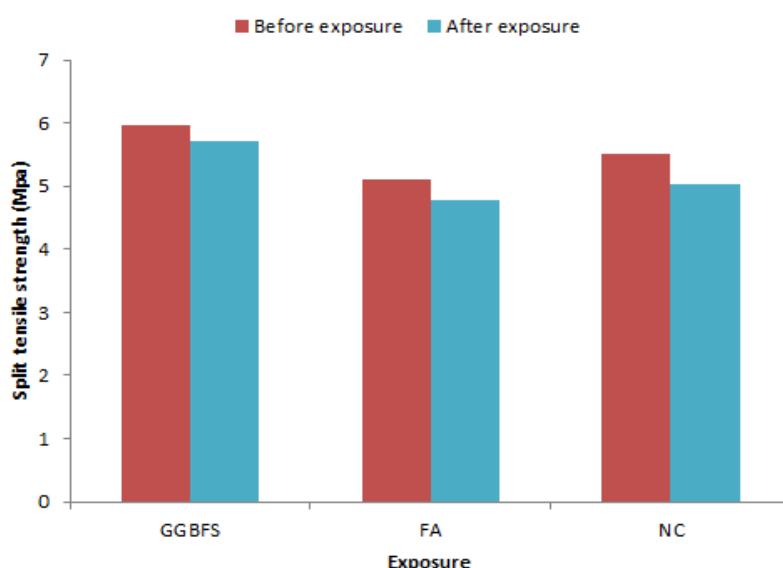


Figure 3. Splitting Tensile Strength for different mixes

## CONCLUSION

Main focus in this study was to investigate the durability of fly ash and GGBFS based geopolymers concrete exposed to sea water. The mechanical strength of such geopolymers concrete was analyzed by compressive strength and split tensile strength. Based on the findings mentioned above, following conclusions are drawn:

Geopolymer concrete manufactured using GGBFS and FA are in general more durable against sea water exposure as compared to ordinary Portland cement concrete.

GGBFS and FA based geopolymers concrete shows better performance than Portland cement concrete in terms of mechanical characteristics.

## REFERENCES

- Ariffin, M., Bhutta, M., Hussin, M., Tahir, M. M., & Aziah, N. (2013). Sulfuric acid resistance of blended ash geopolymers concrete. *Construction and Building Materials*, 43, 80-86.



- Bassuoni, M., & Nehdi, M. (2009). Durability of self-consolidating concrete to sulfate attack under combined cyclic environments and flexural loading. *Cement and Concrete Research* 39(3), 206-226.
- Deb, P. S., Sarker, P. K., & Barbhuiya, S. (2015). Effects of nano-silica on the strength development of geopolymers cured at room temperature. *Construction and Building Materials*, 101, 675-683.
- Hardjito, D., Wallah, S. E., Sumajouw, D. M., & Rangan, B. V. (2005). Fly ash-based geopolymers concrete. *Australian Journal of Structural Engineering*, 6(1), 77-86.
- Lawania, K. K. (2016). *Improving the sustainability performance of Western Australian house construction: A life cycle management approach*.
- Liu, P. (1991). Damage to concrete structures in a marine environment. *Materials and Structures* 24(4), 302-307.
- Rajamane, N., Nataraja, M., Dattatreya, J., Lakshmanan, N., & Sabitha, D. (2012). Sulphate resistance and eco-friendliness of geopolymers concretes. *Indian Concrete Journal*, 86(1), 13.
- Sanni, S. H., & Khadiranaikar, R. (2012). Performance of geopolymers concrete under severe environmental conditions. *International journal of civil and structural engineering*, 3(2), 396.
- Singh, N., Vyas, S., Pathak, R., Sharma, P., Mahure, N., & Gupta, S. (2013). Effect of Aggressive Chemical Environment on Durability of Green Geopolymer Concrete. *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT) Volume*, 3, 277-284.
- Snelson, D. G., & Kinuthia, J. M. (2010). Resistance of mortar containing unprocessed pulverised fuel ash (PFA) to sulphate attack. *Cement and Concrete Composites* 32(7), 523-531.
- Yang, S., Zhongzi, X., & Mingshu, T. (1996). The process of sulfate attack on cement mortars. *Advanced Cement Based Materials* 4(1), 1-5.



## SHORT TERM DURABILITY OF NANO-SILICA-MODIFIED FLY ASH-BASED GEO-POLYMER CONCRETE EXPOSED TO SEA WATER

Ahmet Emin KURTOĞLU  
Istanbul Gelisim University  
aekurto glu@gelisim.edu.tr

Abdulkadir ÇEVİK  
University of Gaziantep  
akcevik@gantep.edu.tr

Ghassan Hussein HUMUR  
University of Gaziantep  
ghassan93hussein@gmail.com

Radhwan Hajy Ali ALZEEBAREE  
University of Gaziantep  
alzeebaree@gmail.com

Mehmet Eren GÜLŞAN  
University of Gaziantep  
gulsan@gantep.edu.tr

**ABSTRACT:** This study investigates the short term performance of fly ash-based geopolymers concrete prepared with and without nano-silica (NS) along with alkaline activators. The specimens were submerged in sea water with 3.5% salt for four weeks. Ordinary Portland Cement (OPC) concrete was also used for quality control specimens for comparison purpose. Investigated parameters were the mass change, compressive strength, and split tensile strength. Test results of geopolymers and OPC concrete specimens were analyzed and discussed. Geopolymer concrete exhibited superior performance as compared to that of OPC concrete after exposure to 3.5% sea water solution for a period of four weeks. This result is attributed to the superior stability of polymer structure formed in geopolymers concrete. Furthermore, incorporating NS increased the durability of geopolymers concrete as a result of high dense microstructure.

**Key words:** geopolymers concrete, nano-silica, ordinary portland cement, durability

### INTRODUCTION

Geopolymer is a novel inorganic polymer binding material produced from the reaction of fly ash with the alkaline activator fluid; to ensure strength, durability and environmental sustainability (Dibyendu Adak, Sarkar, & Mandal, 2017). The production of one ton Ordinary Portland Cement (OPC) emits about a ton of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) into the atmosphere (Mehta, 2004). Worldwide production of coal combustion products in the form of fly ash was approximately 780 Mt tones in the year of 2011–2012 (D Adak, Sarkar, & Mandal, 2014; Deb, Sarker, & Barbhuiya, 2015, 2016).



Fly ash based geopolymers are one branch of the geopolymer family and have attracted more attention since the 1990s (Ariffin, Bhutta, Hussin, Tahir, & Aziah, 2013). The fly ash based geopolymer concrete generally needs heat activation of different temperatures, which has been considered as an important limitation for its practical application. Such limitation can be overcome by the addition of appropriate amount of nano-silica in the mixture (Dibyendu Adak et al., 2017). The existence of nano-silica in geopolymer mixture is the vital factor to improve the polymerisation process for its amorphous property and the high specific area (Khater, El-Sabbagh, Fanny, Ezzat, & Lottfy, 2012).

Geopolymer cement is claimed to be more resistant to chemical attack than OPC (Donatello, García-Lodeiro, Fernández-Jimenez, & Palomo, 2014; Palomo, Grutzeck, & Blanco, 1999). The presence of aggressive Cl and SO<sub>4</sub> ions in seawater decrease the durability of conventional Portland cement concrete which is the dominant material used for construction (Astutiningsih, Nurjaya, Ashadi, & Swastika, 2010). S.E.Wallah and B.V.Rangan have shown that geopolymer composites possesses excellent durability properties in a study conducted to evaluate the long term properties of fly ash based geopolymers (Wallah & Rangan, 2006). This study aimed to investigate the effect of nano-silica on the mechanical properties of fly ash based geopolymer concrete exposed to sea water. The mechanical strength of such geopolymer concrete was analyzed by compressive strength and split tensile strength.

## MATERIALS AND METHODS

### Materials

Class F fly ash (FA) as per ASTM C 618 was used for manufacturing geopolymer concrete. Fly ash was obtained from Ceyhan Sugozu thermal power plant based in Turkey. The chemical and physical properties of the fly ash, OPC and nano-silica used are represented in Table 1. Crushed aggregate used for coarse and fine aggregate with specify gravity 2.6. The alkaline liquid was combination of sodium silicate and sodium hydroxide solutions with 14 molar concentration.

*Table 1. Chemical Composition and Physical Properties of Fly Ash, OPC and Nano-silica.*

Chemical analysis	Fly ash	OPC	Nano-silica
<b>Cao</b>	<b>1.60</b>	<b>62.12</b>	-
<b>Sio<sub>2</sub></b>	<b>62.53</b>	<b>19.69</b>	<b>99.8</b>
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>21.14</b>	<b>5.16</b>	-
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>7.85</b>	<b>2.88</b>	-
<b>Mgo</b>	<b>2.4</b>	<b>1.17</b>	-
<b>So<sub>3</sub></b>	<b>0.10</b>	<b>2.63</b>	-
<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>0.73</b>	<b>0.88</b>	-
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	<b>2.45</b>	<b>0.17</b>	-
<b>Loss of ignition</b>	<b>2.07</b>	<b>2.99</b>	<b>≤1.0</b>
<b>Specify gravity</b>	<b>2.30</b>	<b>3.15</b>	<b>2.2</b>
<b>Blaine fineness (m<sup>2</sup>/kg)</b>	<b>227</b>	<b>394</b>	-

### Mix Proportions and Curing



Mix design for GPC was presented in Table 2. Aggregates were used as saturated surface dry condition. Firstly, Dry materials were mixed in pan mixer for 2.5 min. Then, alkaline solution was added and mixed for 3.5 min. Cube specimens of size (100×100×100) mm<sup>3</sup> were casted and compacted in two layers, whereas cylinder specimens 100 mm diameter and 200 mm height in three layers. After casting, the specimens were covered using plastic bag to avoid the evaporation of alkaline solution for 24hr as rest period. The specimens with geopolymer concrete were oven cured at 70 °C temperature for 48hr, and then specimens put in ambient temperature for 28 days at 23°C before exposed in solutions. The normal concrete specimens cured in water for 28 days.

Table 2. Mix proportions for geopolymer concrete.

Description	Quantity
Fly Ash	480 kg/m <sup>3</sup>
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> +NaOH	216 kg/m <sup>3</sup>
Fine Aggregate	552 kg/m <sup>3</sup>
Coarse Aggregate	1104 kg/m <sup>3</sup>
Super plasticizer (SP)	5.7984 kg/m <sup>3</sup>
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> /NaOH	2.5
Fly	0.45
Ash/(Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> +NaOH)	
48 hr Oven curing	70 °C

## TEST PROCEDURE

### Preparation of Specimens

All specimens were putted in water until saturation for 24 h before they immersed in sea water. The specimens exposed in sea water up to month. OPC concrete specimens were also immersed in the same solution and results were compared. Specimens were immersed in 3.5% sea water, and compare with unexposed specimens for the same mixture stored at ambient temperature until the day of testing.

### Test Methods

The specimens were subjected to compressive and split tensile strength at 56 days , the compression and split tensile testing machine of 3000 kN capacity was used. The strength of cube and cylinder was determent under rate of loading 1.5 kN/s and 1 kN/s respectively. Following equation was used to obtain the splitting tensile strength:

$$f_s = \frac{2P}{\pi h \Phi}$$

where P, h, and  $\Phi$  are the maximum load, length and diameter of the cylinder specimen, respectively.

## RESULTS AND DISCUSSION

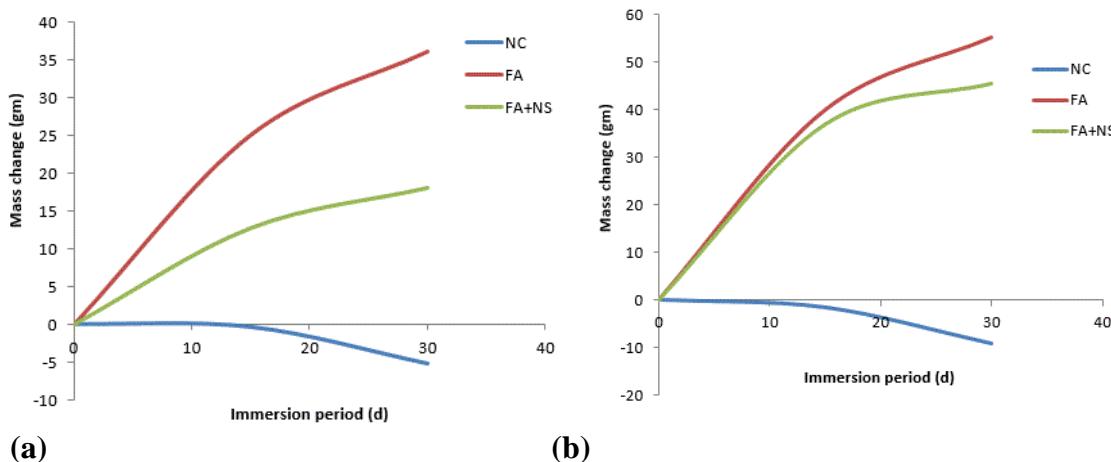
### Mass Change

Geopolymer (GPC) and normal (OPC) concrete cube specimens were submerged in 3.5% salt water for up to 30 days and the mass change of specimens was compared to that of specimen before exposure. Results showed that GPC specimens had gained mass (36 g and 18 g) for FA and FA+NS respectively, whereas a reduction of 5.2 g in the mass of OPC specimens was observed.

For the same procedures for cylinder specimens, the results show that the masses of geopolymer specimens increase with the time of exposure and while OPC specimens lost mass with the more exposure. It is observed that the mass gained after 30 days was (55.3 g and 45.6 g) for FA and FA+NS respectively, and the reduction in mass of OPC specimen was 23.21 g. Less reduction in mass was observed in the specimens with nano-silica than specimens without nano-silica. This is attributable to the fact that the nano-silica leads to decrease the pores and increase the density, which makes the GPC more durable than it is without nano-silica (Lloyd, Provis, & van Deventer, 2012). The reduction in mass observed in the geopolymer specimens without nano-silica was much smaller than that of OPC based binders under the same exposure condition. Details for mass change are shown in Table 3 and Fig. 1(a, b).

*Table 3. Mass change before and after immersed in sea water.*

Mixes	Cube weight (g)		Cylinder weight (g)	
	Before exposure	After exposure	Before exposure	After exposure
NC	<b>2314</b>	<b>2308.8</b>	<b>3794.71</b>	<b>3771.5</b>
FA	<b>2275.8</b>	<b>2311.8</b>	<b>3624.2</b>	<b>3679.5</b>
FA+NS	<b>2352.3</b>	<b>2370.3</b>	<b>3594.6</b>	<b>3640.2</b>



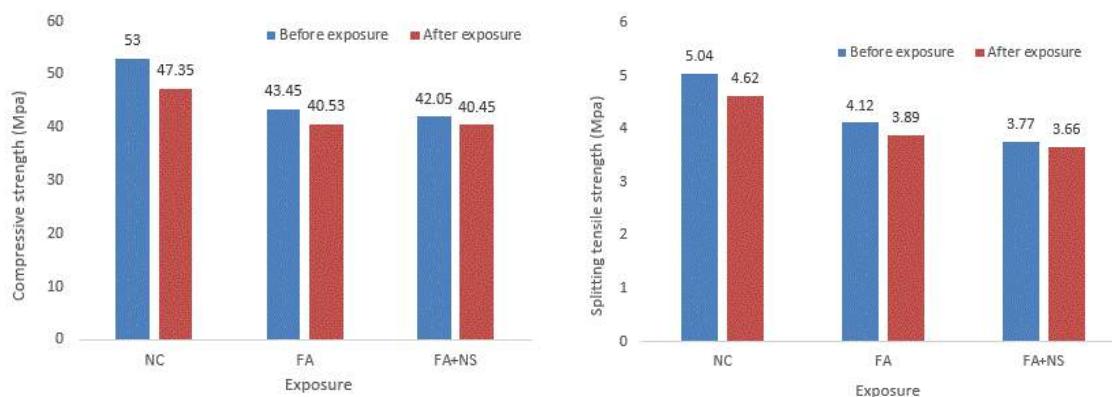
**Figure 1. Mass Change in (a) Cube Specimens (b) Cylinder Specimens**

### Compressive Strength

Compressive strength of normal concrete (OPC) and fly ash based geopolymer concrete (GPC) produced with 3% nano-silica and exposed in 5% NaCl solution are shown in Fig. 2 (a) and Table 4. Each value is obtained by averaging the results of three identical specimens. Exposed and unexposed specimens were tested at the same time at 56th day to

show the difference before and after exposure. The losses in compressive strength were 3.8%, 6.72% and 10.66% for FA+NS, FA and OPC, respectively.

The specimens with nano-silica showed excellent durability when the GPC and OPC specimens were compared. However, less compressive strength than without nano-silica and OPC was observed. This reduction in compressive strength is attributable to the self-dessication and cracking caused by the unreacted nano-silica (Belkowitz, Belkowitz, Nawrocki, & Fisher, 2015).



**Figure. 2 (a) Compressive Strength (b) Splitting Tensile Strength**

### Splitting Tensile Strength

Splitting tensile strength values of geopolymer concrete and normal concrete from three mixes are presented in Table 4 and Fig. 2 (b). Fig. 2b shows that splitting tensile strength was reduced in all the GPC and OPC concrete specimens after exposure and the increase in exposure period resulted in lower splitting tensile strength. The fly ash and normal concrete specimens without nano-silica exhibited higher strength loss as compared to the fly ash with nano-silica. The strength loss in the specimens without nano-silica 8.34% and 5.58% for OP and FA respectively, while the specimens with nano-silica 2.91% for FA+NS. The specimens with nano-silica showed excellent durability as compared to those with fly ash and OPC. This can be because of the fact that the passage of aggressive elements into deeper layers is limited significantly by the pore refinement process by nano-silica. Hence, the provision of nano-silica in geopolymer mixes produces denser structure which leads to a reduction in degradation caused by NaCl (Belkowitz et al., 2015). The GPC with and without nano-silica showed superior durability than the OPC, because that the normal concrete is more permeable than geopolymer concrete.

**Table 4. Compressive and Split Tensile Strength of Geopolymer and Normal Concrete**

Mixes	Comp. test (MPa)		Splitting test (MPa)	
	Control	Sea water exposed	Control	Sea water exposed
NC	<b>53</b>	<b>47.35</b>	<b>5.04</b>	<b>4.62</b>
FA	<b>43.45</b>	<b>40.53</b>	<b>4.12</b>	<b>3.89</b>
FA+NS	<b>42.05</b>	<b>40.45</b>	<b>3.77</b>	<b>3.66</b>

### CONCLUSION



This study aimed to investigate the effect of nano-silica on the mechanical properties of fly ash based geopolymer concrete exposed to sea water. The mechanical strength of such geopolymer concrete was analyzed by compressive strength and split tensile strength. Based on the findings mentioned above, following conclusions are drawn:

The geopolymer concrete is more durable than normal concrete due to high amount of fly ash with low calcium content.

The addition of nano-silica leads to increase in the durability of GPC due to its high dense microstructure.

## REFERENCES

- Adak, D., Sarkar, M., & Mandal, S. (2014). Effect of nano-silica on strength and durability of fly ash based geopolymer mortar. *Construction and Building Materials*, 70, 453-459.
- Adak, D., Sarkar, M., & Mandal, S. (2017). Structural performance of nano-silica modified fly-ash based geopolymer concrete. *Construction and Building Materials*, 135, 430-439.
- Ariffin, M., Bhutta, M., Hussin, M., Tahir, M. M., & Aziah, N. (2013). Sulfuric acid resistance of blended ash geopolymer concrete. *Construction and Building Materials*, 43, 80-86.
- Astutiningsih, S., Nurjaya, D. M., Ashadi, H. W., & Swastika, N. (2010). *Durability of Geopolymer Concretes upon Seawater Exposure*. Paper presented at the Advances in Science and Technology.
- Belkowitz, J. S., Belkowitz, W. B., Nawrocki, K., & Fisher, F. T. (2015). Impact of Nanosilica Size and Surface Area on Concrete Properties. *ACI Materials Journal* 112(3).
- Deb, P. S., Sarker, P. K., & Barbhuiya, S. (2015). Effects of nano-silica on the strength development of geopolymer cured at room temperature. *Construction and Building Materials*, 101, 675-683.
- Deb, P. S., Sarker, P. K., & Barbhuiya, S. (2016). Sorptivity and acid resistance of ambient-cured geopolymer mortars containing nano-silica. *Cement and Concrete Composites* 72, 235-245.
- Donatello, S., García-Lodeiro, I., Fernández-Jimenez, A., & Palomo, A. (2014). *Some durability aspects of hybrid alkaline cements*. Paper presented at the MATEC Web of Conferences.
- Khater, H., El-Sabbagh, B., Fanny, M., Ezzat, M., & Lottfy, M. (2012). *Effect of nano-silica on alkali activated water-cooled slag geopolymer*. Paper presented at the Proceedings of the Second International Conference on Microstructural-related Durability of Cementitious Composites, Amsterdam, the Netherlands.
- Lloyd, R. R., Provis, J. L., & van Deventer, J. S. (2012). Acid resistance of inorganic polymer binders. 1. Corrosion rate. *Materials and Structures* 45(1-2), 1-14.
- Mehta, P. K. (2004). *High-performance, high-volume fly ash concrete for sustainable development*. Paper presented at the Proceedings of the international workshop on sustainable development and concrete technology.
- Palomo, A., Grutzeck, M., & Blanco, M. (1999). Alkali-activated fly ashes: a cement for the future. *Cement and Concrete Research* 29(8), 1323-1329.
- Wallah, S., & Rangan, B. V. (2006). Low-calcium fly ash-based geopolymer concrete: long-term properties.



## DEVELOPMENT OF RENEWABLE ENERGY CIRCUIT COMPONENT

Kaleid waleed ABID, Electrical and Electronics Engineering Department University of Gaziantep Turkey, kaleidwaleedabid@gmail.com

Prof. Dr. Ergun ERCELEBI  
Electrical and Electronics Engineering Department University of Gaziantep Turkey  
ercelebi@gantep.edu.tr

**ABSTRACT:** Challenges in lively supply systems growth when the diffusion of conversion develops, affecting complications for distribution supply operators to competently achieve and strategy their systems. The controlling of limits voltage outlines is the main disquiets which then can lead to load or renewable energy restriction. This paper shows sin wave generation with Atmega "Fast PWM Mode" of AVR this based on pure sine wave by PWM way of renewable energy use and electrical car. The development of this inverter are the uses of small size and low cost microcontroller and high performance which have built in PWM modules of control circuit for the single phase full bridge inverter, Atmega is capable to truthful the activities to produce the essential PWM waveforms. The special topic of this paper is to be either for stand-alone or for grid coupled directly to supply of photovoltaic panels or wind turbine. Consequently hardware structure of the atmega microcontroller, flowchart, algorithm, gate driver and isolation system are covered. Lastly the experimental results are presented in this paper.

**Key words:** Renewable Energies; Atmega; Pv Inverter

## INTRODUCTION

The voltage output of inverter is needy of the input voltage and the time varying duty factor formed by the feedback loop. Usually, the input voltage is measured to be constant and the duty factor sinusoidal [1].

Compound inverter structure constructions exist, of that two are the best commonly considered. The first style excludes a single grid-tie inverter joined to PV panels as series string. There are two limitations to this style. Primarily, the maximum power point tracking (MPPT) is achieved for the intact series string of photovoltaic , that is not best specified distinctions among photovoltaic panels and distinctions in illumination of each panel [2].

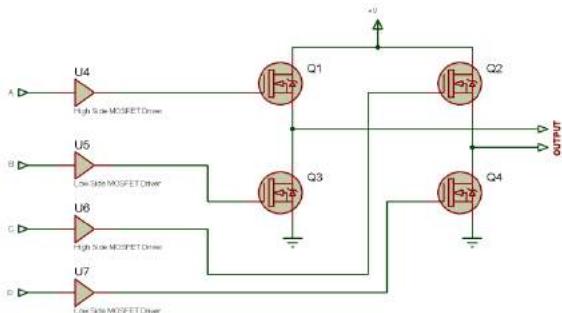
The proposed marginal approach is to interchange the conventional method with the use of microcontroller. The use of atmega16 microcontroller carries the flexibility to modify the real-time control algorithms without further variations in hardware.

The efficiency is too proposed to improve as transistor technology improves additional. Design and control respects for the suggested style are presented, beside experimental results which confirm the style.

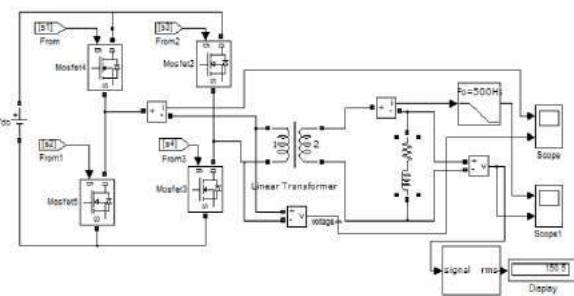
The paper is structured as follows: section II presents the system description, section III presents the output current THD correction method, section IV presents the simulation results, section V the experimental results and section VI the conclusions[3,4].

## SYSTEM DESCRIPTION

The representation of the single-phase PV inverter is signified in Fig. 1. It is collected of a PV array model, an H-bridge inverter, LC filter used to smooth the output wave form.

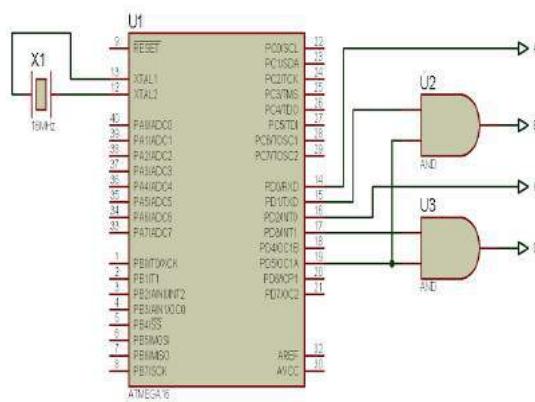


**The single phase full bridge inverter diagram Fig.1.**



The single phase full bridge inverter diagram with LC filter is presented below In Fig.2.

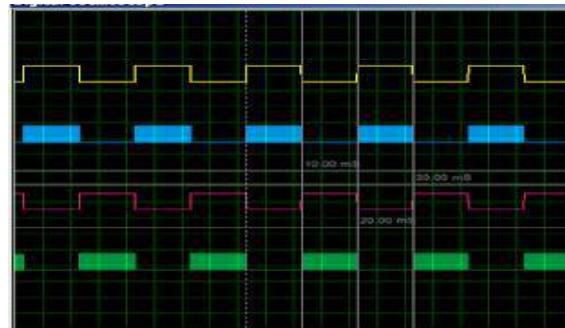
The main eliminate of this scheme is a atmega Microcontroller. It is specially advanced for the generation Of pure Sinusoidal PWM (SPWM) through dead time controller. The dead time controller is advantageous to get the Design simpler, for increasing performance, more dependable and the most essential thing is to reduce the cost and components. The Microcontroller: Atmega produces four Sinusoidal PWM signals. Fig.3 shown that.



**Fig. 3** atmega16 for the generation of the SPWM for pure sinewave single phase inverter

the pin diagram of atmega linked with External oscillator at 12 and 13 pins. PD0 to PB2 pins are output for Sinusoidal PWM signals. PD1 and PD3 pins are Independent,

which go to four gate driver ICs. The name of the IC is TLP250. PD1 and PD3 pins are matching that go to another same gate driver IC.

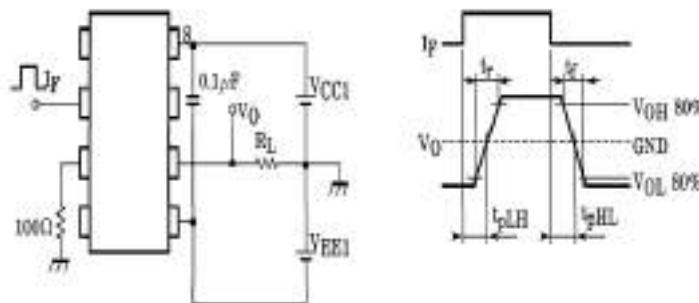


For working the Atmega we used 8MHz.

#### Generated SPWM Drive Signals Fig.4

oscillator. Also for operate Gate drive circuit IC needs some capacitors. For adding these four single used two piece from SN7408S has four independent 2-input AND gates and are characterized for operation from 0° to 70°.

Essentially, there are two basic kinds for gate drivers. These are high side and low side drivers. High side incomes the supply of IRF3205 MOSFET of the power element can float between ground and high voltage power rail. Low side incomes the supply of the IRF3205MOSFET is always linked to ground. The Gate driver circuit is shown in fig. 5.



**Fig. 5 Gate driver circuit TLP250**

The operating of gate drivers are as a bootstrap circuit, the V<sub>BS</sub> voltage is used to provide the supply to the high side driver circuitry of the gate driver. V<sub>BS</sub> is the voltage difference between the V<sub>B</sub> and V<sub>S</sub> pins on the gate driver IC.

This voltage source is required to be in the range of 10V to 35V, the input voltage between -2V to 3V At 25 operating temperature. to ensure that the gate of the MOSFET gets sufficient power so that the gate driver will be fully boosted. The V<sub>BS</sub> supply is the moving supply that sits on the top of the V<sub>S</sub> Voltage. There are different methods to generate V<sub>BS</sub> supply.

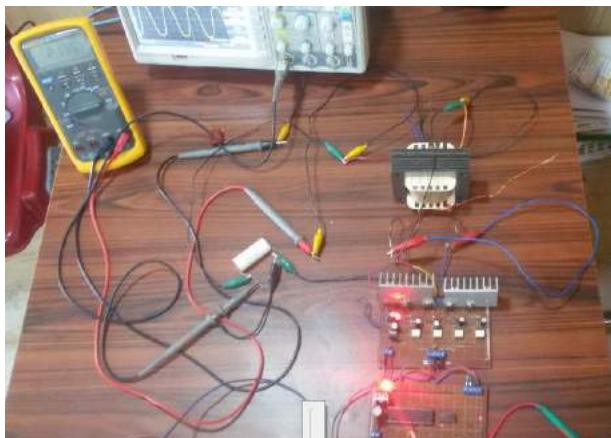
#### Isolation Circuit

The single phase inverter is 220V to apply the maximum voltage, since the atmega controls at 5V voltage it is preferred to insulate the control board from higher level of the inverter circuit. This problem can be solved by using transformer.

The insulation circuit is used to segregate signals for safety and protection between a safe and a potentially circuit between digital signals requests to considered fittingly for accurate safety and protection.

### Experimental Results

Fig. 6 shows experimental board where the work has tested. two channel digital storage oscilloscope was used to show the experimental the fluke voltmeter was used to measure the output voltage.



**Fig. 6. Experimental setup and the output signal are shown in Digital Oscilloscope**

The experimental setup is represented in Fig. 6. It consists of: oscilloscope, atmega micocontroler, SN7408, TLP250 driver circuits for the inverter, voltage and current device, voltage probe, DC power supply, H-bridge inverter by IRF3205MOSFET ,transformer, LC filter.

### CONCLUSION

This paper presents a inverter for single-phase PV applications which is appropriate for conversion from low-voltage (4-12 V) DC to high voltage AC (e.g. 230 Vrms AC). The topology is constructed a full-bridge series resonant inverter,a high-frequency transformer, and pwm supply.The operational characteristics are considered, and amultidimensional control technique is developed to realize high efficiency and control. An experimental prototype is demonstrated.

### REFERENCES

- [1] Y. Yang, K. Zhou, F. Blaabjerg," Harmonics Suppression for Single-Phase Grid-Connected PV Systems in Different Operation Modes",2013 Twenty-Eighth Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), pp. 889-896, 2013.
- [2] Liserre, M., Blaabjerg, F., Hansen, S.: Design and control of an lcl-filter based three-phase active rectifier. In Industry Applications Conference, 2001. Thirty-Sixth IAS Annual Meeting. Conference Record of the 2001 IEEE, volume 1, 2001.
- [3] Ara'ujoo, S. V., Engler, A., Sahan, B.: LCL Filterdesign for grid-connected NPC inverters in offshore wind turbines. In The 7th International Conferenc on Power Electronics. Daegu (Korea), 2007.



- [4] Dahono, P. A.: A method to damp oscillations on the input lc filter of current-type ac-dc pwm converters by using a virtual resistor. In Telecommunications Energy Conference INTELEC'03, 2003.



## MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF ALUMINUM BASED ALLOYS

Hakan Yaykaşlı, Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Materials Science and Engineering, Kahramanmaraş, 46100, Turkey, [hakanyaykasli@ksu.edu.tr](mailto:hakanyaykasli@ksu.edu.tr), [hakanyaykasli@gmail.com](mailto:hakanyaykasli@gmail.com)

Musa Gögebakan, Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Materials Science and Engineering, Kahramanmaraş, 46100, Turkey, Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Department of Physics, Kahramanmaraş, 46100, Turkey, [gogebakan@ksu.edu.tr](mailto:gogebakan@ksu.edu.tr)

**ABSTRACT:** In this study, Al<sub>78</sub>Mg<sub>15</sub>Ti<sub>6</sub>B<sub>1</sub> and Al<sub>76</sub>Mg<sub>15</sub>Ti<sub>6</sub>B<sub>3</sub> alloys were produced with normal solidification. Microstructural features were investigated by scanning electron microscopy (SEM-BSD Detector), energy dispersive spectroscopy (EDS) and XRD. In addition, mechanical properties were investigated by Vickers Shimadzu HMV-2 micro hardness machine. The morphology and topological distribution of SEM images of alloys were determined at 500 and 1000 magnifications, although the small deviations in the composition ratios of the EDS alloys are consistent with experimental studies. According to XRD results, it was observed that the alloys are mostly composed of intermetallic phases of Al, Al<sub>3</sub>Ti and Al<sub>3</sub>Mg<sub>2</sub>. In the SEM images, the intermetallic phase in aluminum was observed homogeneously from the magnesium element, which has the rod-like phase structure of titanium. Measurements were carried out at 298 kN at 98.07 mN (Hv0.01) and at a load of 15 seconds. Surface hardness values of Al<sub>76</sub>Mg<sub>15</sub>Ti<sub>6</sub>B<sub>3</sub> alloy were obtained as 106.1 ± 11 HV.

**Key words:** Phase, Vickers Hardness, Normal Solidification, Mechanical Behavior

## ALÜMİNYUM ESASLI ALAŞIMLARIN MİKROYAPI VE MEKANİK KARAKTERİZASYONU

**ÖZET:** Bu çalışmada Al<sub>78</sub>Mg<sub>15</sub>Ti<sub>6</sub>B<sub>1</sub> ve Al<sub>76</sub>Mg<sub>15</sub>Ti<sub>6</sub>B<sub>3</sub> alaşımları normal katılıştırma ile üretilmiştir. Mikroyapı özellikleri taramalı elektron mikroskopu (SEM-BSD Dedektör), enerji dağılımlı spektroskopi(EDS) ve XRD ile incelenmiştir. Bunun yanı sıra mekanik özellikler Vickers ucu Shimadzu HMV-2 model mikrosertlik cihazı ile incelenmiştir. SEM görüntüleri alaşımların morfolojileri ve topolojik dağılımı 500 ve 1000 kat büyütmede ile belirlenmiştir EDS ile alaşımların kompozisyon oranlarında küçük sapmalar olsa da deneyel çalışmalar ile tutarlıdır. XRD sonuçlarından alaşımların çoğunlukla Al, Al<sub>3</sub>Ti ve Al<sub>3</sub>Mg<sub>2</sub> intermetalik fazlarından olduğu görülmektedir. SEM görüntülerinde titanyumun çubuk benzeri faz yapısı olduğu, magnezyum elementinin homojen olarak alüminyum içinde intermetalik faz gözlenmiştir. Ölçümler, 298 K de 98.07 mN (Hv0.01) yükte 15 s bekletilerek gerçekleştirilmiştir. Yüzey sertlik değerleri Al<sub>76</sub>Mg<sub>15</sub>Ti<sub>6</sub>B<sub>3</sub> alaşımında 106,1±11 HV olarak elde edilmiştir.

**Anahtar sözcükler:** Faz, Vickers Sertlik, Normal Katılıştırma, Mekanik Davranışlar

This study was supported by Kahramanmaraş Sutcu Imam University Scientific Research Projects Coordination Unit. (Proje No: 2017/2-42 D)



## STRUCTURAL, THERMAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF Al<sub>85</sub>Ni<sub>7,5</sub>Cu<sub>7,5</sub> ALLOY PRODUCTION BY ARC MELTING

Hakan Yaykaşlı

Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Materials Science and Engineering,  
Kahramanmaraş, 46100, Turkey, [hakanyaykasli@ksu.edu.tr](mailto:hakanyaykasli@ksu.edu.tr) [hakanyaykasli@gmail.com](mailto:hakanyaykasli@gmail.com)

Musa Gögebakan

Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Materials Science and Engineering,  
Kahramanmaraş, 46100, Turkey, Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Department of  
Physics, Kahramanmaraş, 46100, Turkey, [gogebakan@ksu.edu.tr](mailto:gogebakan@ksu.edu.tr)

Sarwar Ibrahim Saleh

Ministry of Higher Education and Scientific Research, Erbil Polytechnic University – Erbil  
Medical Technical Institute –Department of Radiology– Iraq,  
[sarwar.ibrahim73@gmail.com](mailto:sarwar.ibrahim73@gmail.com)

Celal Kurşun, Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Department of Physics,  
Kahramanmaraş, 46100, Turkey, [celalkursun@ksu.edu.tr](mailto:celalkursun@ksu.edu.tr)

**ABSTRACT:** In this study, Al<sub>85</sub>Ni<sub>7,5</sub>Cu<sub>7,5</sub> ingot alloy was produced by arc melting at room temperature. Then annealing at 200, 300, 400 and 600 ° C for 30 min. Structural, thermal and mechanical properties of ingot and annealed ingot alloys X-Ray Diffraction (XRD), Scanning Electron Microscopy (SEM-EDX), Differential Scanning Calorimetry (DSC), Differential Thermal Analysis (DTA) and Vickers Microhardness HV) tests. Room temperature XRD and SEM results show that the crystal phases are in harmony. Al<sub>3</sub>Ni<sub>2</sub> and Al<sub>4</sub>Cu<sub>9</sub> phases were detected in the XRD results. The Al<sub>85</sub>Ni<sub>7,5</sub>Cu<sub>7,5</sub> alloy composition was observed to have a homogeneous distribution of EDX results. DSC and DTA curves showed an endothermic peak at 630 ° C, the melting point of aluminum. The micro hardness of the alloy was measured as 421.7 ( $\pm$  06) HV at room temperature and the maximum value of micro hardness was measured as 548 ( $\pm$  12) after annealing to 200 ° C.

**Key words:** Al based alloy, Microstructure, Arc Melting Method, Thermal Properties

## ARK ERGİTME İLE ÜRETİLEN Al<sub>85</sub>Ni<sub>7,5</sub>Cu<sub>7,5</sub> ALAŞIMININ YAPISAL, TERMAL VE MEKANİKSEL ÖZELLİKLERİ

**ÖZET:** Bu çalışmada, oda sıcaklığında ark ergitmeyle Al<sub>85</sub>Ni<sub>7,5</sub>Cu<sub>7,5</sub> külçe alaşımı üretilmiştir. Daha sonra 200, 300, 400 and 600 °C de 30 dak tavlama yapılmıştır. Üretilen ve tavlama yapılan külçe alaşımlarının yapısal, ısisal ve mekaniksel özellikleri X-Işını difraksiyonu (XRD), Enerji Dağılımlı Spektroskopi ile Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM-EDX), Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC), Diferansiyel Termal Analiz (DTA) ve Vickers Mikrosertlik (HV) testleri kullanılarak araştırılmıştır. Oda sıcaklık XRD ve SEM sonuçları kristal fazlarının uyum içinde olduğu görülmüştür. XRD sonuçlarında Al<sub>3</sub>Ni<sub>2</sub> ve Al<sub>4</sub>Cu<sub>9</sub> fazları tespit edilmiştir. Al<sub>85</sub>Ni<sub>7,5</sub>Cu<sub>7,5</sub> alaşımı kompozisyonun homojen bir şekilde dağıldığı EDX sonuçlarından gözlenmiştir. DSC ve DTA eğrilerinden



alüminyumun erime noktası olan 630°C de endotermik pik görülmüştür. Alaşımın mikro sertliği oda sıcaklığında 421.7 ( $\pm$  06) HV olarak ölçülüp, 200°C kadar tavladıktan sonra mikro sertliğin maksimum değeri 548( $\pm$ 12) olarak ölçülmüştür.

**Anahtar sözcükler:** Al esaslı alaşım, Mikro yapı, Ark Ergitme Metodu, Isısal Özellikler



## MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF AlMgTiB ALLOYS

Hakan Yaykaşlı, Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Materials Science and Engineering, Kahramanmaraş, 46100, Turkey, [hakanyaykasli@ksu.edu.tr](mailto:hakanyaykasli@ksu.edu.tr), [hakanyaykasli@gmail.com](mailto:hakanyaykasli@gmail.com)

Musa Gögebakan, Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Materials Science and Engineering, Kahramanmaraş, 46100, Turkey

Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Department of Physics, Kahramanmaraş, 46100, Turkey, [gogebakan@ksu.edu.tr](mailto:gogebakan@ksu.edu.tr)

**ABSTRACT:** In this study,  $\text{Al}_{77}\text{Mg}_{15}\text{Ti}_6\text{B}_2$  and  $\text{Al}_{75}\text{Mg}_{15}\text{Ti}_6\text{B}_4$  alloys were melted in an induction furnace and produced by metal die casting method. Al, Mg, Ti, B 99.9% pure metal elements are used. Preparations for the analysis and testing of alloys were made. Microstructural features of alloys were investigated by scanning electron microscopy (SEM-BSD Detector), energy dispersive spectroscopy (EDS) and XRD. In addition, mechanical properties have been investigated with Vickers tipped Shimadzu HMV-2 microhardness device. The phase structure of the SEM images, grain boundaries and morphology of the alloys were determined by magnifications of 100 and 1000. The composition ratios of the produced alloys were determined by energy dispersive spectroscopy (EDS). It appears that there is a slight deviation in composition ratios during the production of alloys. From the XRD results it is seen that the alloys mostly consist of intermetallic phases of Al,  $\text{Al}_3\text{Ti}$  and  $\text{Al}_3\text{Mg}_2$ . The XRD results of the alloys have peaks representing the Al phase at the reflections of  $2\theta \approx 38.20^\circ$ ,  $44.10^\circ$ ,  $64.72^\circ$ ,  $77.8^\circ$  and  $82.3^\circ$  in common. In the SEM images, the intermetallic phase in aluminum was observed homogeneously of the magnesium element, where the titanium had rod-like phase structure. The measurements were carried out at 298 K at 98.07 mN (Hv0.01) and at a load of 15 s. Surface hardness values were obtained as  $125.2 \pm 3$  HV in  $\text{Al}_{82}\text{Mg}_{10}\text{Ti}_4\text{B}_4$  alloy.

**Key words:** Light Alloys, Vickers Hardness, Normal Solidification, SEM, EDX and XRD

## AlMgTiB ALAŞIMLARININ MİKROYAPI VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ

**ÖZET:** Bu çalışmada  $\text{Al}_{77}\text{Mg}_{15}\text{Ti}_6\text{B}_2$  ve  $\text{Al}_{75}\text{Mg}_{15}\text{Ti}_6\text{B}_4$ 合金ları induksiyon fırınlarında eritilip, metal kalıba döküm yöntemi ile üretilmiştir. Al, Mg, Ti, B %99,9 saflıkta metal elementler kullanılmıştır. Alaşımların analiz ve testler için gerekli ön işlem hazırlıkları yapılmıştır. Alaşımların mikroyapı özellikleri taramalı elektron mikroskopu (SEM-BSD Dedektör), enerji dağılımlı spektroskopisi(EDS) ve XRD ile incelenmiştir. Bunun yanı sıra mekanik özellikler Vickers ucu Shimadzu HMV-2 model mikrosertlik cihazı ile incelenmiştir. SEM görüntülerini alanların faz yapısı, tane sınırları ve morfolojileri 100 ve 1000 kat büyütülmelerde ile belirlenmiştir. Üretilen alanların kompozisyon oranları, enerji dağılım spektroskopisi (EDS) ile belirlenmiştir. Alaşımların üretilmesi sırasında çok az miktarda kompozisyon oranlarında sapma olduğu görülmektedir. XRD sonuçlarından alanların çoğulukla Al,  $\text{Al}_3\text{Ti}$  ve  $\text{Al}_3\text{Mg}_2$  intermetalik fazlarından oluşan olduğu görülmektedir. Alaşımların XRD sonuçlarında, ortak özellik olarak  $2\theta \approx 38.20^\circ$ ,  $44.10^\circ$ ,  $64.72^\circ$ ,  $77.8^\circ$ ,  $82.3^\circ$  yansımaya açılarında Al fazını temsil eden pikler bulunmaktadır. SEM görüntülerinde titanyumun çubuk benzeri faz yapısı olduğu, magnezyum elementinin



homojen olarak alüminyum içinde intermetalik faz gözlenmiştir. Ölçümler, 298 K de 98,07 mN (Hv0,01) yükte 15 s bekletilerek gerçekleştirilmiştir. Yüzey sertlik değerleri  $\text{Al}_{82}\text{Mg}_{10}\text{Ti}_4\text{B}_4$ alsaında  $125,2 \pm 3$  HV olarak elde edilmiştir.

**Anahtar sözcükler:** Hafif Alaşımlar, Vickers Sertlik, Normal Katılıştırma, SEM, EDX ve XRD

This study was supported by Kahramanmaraş Sutcu Imam University Scientific Research Projects Coordination Unit. (Proje No: 2017/2-42 D)



## CRYSTALLINE SILICON SOLAR CELLS ENERGY PERFORMANCE ENHANCEMENT BY USING PHOSPHORS

Ebru VURAN

University Of Gaziantep Engineering Of Optics and Acoustics,Gaziantep Turkey

ebru\_664 @hotmail.com

Ramazan KOÇ

University Of Gaziantep Engineering Of Physics,Gaziantep Turkey

koc@gantep.edu.tr

**ABSTRACT:** A method is proposed to improve efficiency of crystalline Si solar cells,based on modification of solar spectrum through down conversion (DC) or up conversion (UC).The photovoltaic (PV) cells to be coated with phosphor dye and optimum concentration of phosphor will be investigated by measuring output power of the PV cells.Phosphor powder can easily be mixed with transparent paint and easily adhered to solar cells surface.

**Key words:** phosphor,solar cells,energy performance



## GENERATING ELECTRICAL ENERGY BY USING AIR FLOW OCCURRENCE ON VERTICAL WIND TURBINES IN UNDERGROUND METROS; A CASE STUDY IN LONDON

Yasin Furkan Gorgulu<sup>1,\*</sup>, Patricia H. Winfield<sup>2</sup>, Ramazan Kose<sup>3</sup>, Ahmet Gorgulu<sup>4</sup>, Mustafa Arif Ozgur<sup>5</sup>, Oguz Ozan Yolcan<sup>6</sup>

<sup>1, 3, 4, 5, 6</sup>Dumlupinar University

<sup>2</sup>Oxford Brookes University

<sup>1,\*</sup>yfgorgulu@gmail.com, <sup>2</sup>phwinfield@brookes.ac.uk, <sup>3</sup>ramazan.kose@dpu.edu.tr,

<sup>4</sup>agorgulu@etigida.com.tr, <sup>5</sup>arif.ozgur@dpu.edu.tr, <sup>6</sup>oguzozan.yolcan@dpu.edu.tr

**ABSTRACT:** In this study, a large amount of air flow is observed in “London Underground” which is created by the movement of the trains. Therefore, it is thought that waste but a new potential is that it can be used in generating electrical energy. In literature, similar studies have been found which are located in India, the US and China. However, this project differs from others with various preferences such as the sites of turbine location and type. Vertical wind turbines are planned to be installed in spots in which air properties such as pressure, velocity and air flow are at their highest values. The turbines are considered to be installed on inner surface of the tunnel walls just in stations. For the study, London Underground’s Northern Line has been chosen as a reference line which has the most potential when it is compared to other lines. Energy generation has been computed and the turbines have been installed to the cross-sectional area theoretically. Considering the actual industrial average price of electrical energy in the UK, the financial value of the energy generation has been calculated and a feasibility study has been done. This concluded that a set of turbines would generate 7,613 kWh annually. The total cost of the investment is expected to be 5327 GBP, Return on Investment (ROI) is 72.24 % and Internal Rate of Return (IRR) is 2.05 %, Net Present Value (NPV) is -1275 GBP.

**Key words:** IRR, metro electricity generation, NPV, renewable energy, wind power.

## YERALTI METROLARINDA HAVA AKIMI OLUŞUMU KULLANILARAK DİKEY EKSENLİ RÜZGÂR TÜRBİNLERİ YARDIMIYLA ELEKTRİK ÜRETİMİ; LONDRA ÖRNEĞİ

**ÖZET:** Bu çalışmada, Londra metrosundaki trenlerin hareketleri esnasında oluşturduğu gözlemlenen yüksek hava akımlarından yararlanılarak elektrik enerjisi üretilileceği düşünülmüştür. Yapılan literatür araştırmaları sonucunda benzer uygulamaların Amerika ve Hindistan'da denendiği tespit edilmiştir. Yapılan çalışma benzerlerinden uygulama noktaları ve türbin özellikleri açısından oldukça farklılaşmaktadır. Bu çalışmada türbinlerin hava hızının en yüksek olduğu bölgelere uygulanması düşünülmüş ve türbinlerin istasyon tüneli çevresi boyunca yerleştirilmesi planlanmıştır. Çalışma bu açıdan diğerlerinden ayırmaktadır. Çalışmalar için Londra metrosunda pilot hat olarak Northern Line, yüksek potansiyeli (Tren sayısı, kaplı tünel uzunluğu, yolcu sayısı v.b.) nedeniyle seçilmiştir. Bu hat ile ilgili gerekli bilgiler toplanmış, bazı bilgiler ise var olan bilgiler yardımıyla hesaplanarak bulunmuştur. Tünel ve tren geometrisi dikkate alınarak; türbin tipleri,



ölçüleri, güçleri ve sayıları belirlenmiş ve ölçekli olarak tünel kesitine yerleştirilmiştir. Bir modül olarak tasarlanan türbin grubu için tüm kayıplar ve verim faktörleri dikkate alınarak güç hesaplamaları yapılmış ve yıllık enerji üretim potansiyelleri belirlenmiştir. Hesaplanan yıllık enerji üretim potansiyelleri, Birleşik Krallık endüstri ortalama elektrik enerjisi fiyatları dikkate alınarak, yıllık üretilen finansal değer hesaplanmıştır. Türbinler, yan üniteleri yatırım maliyetleri ile montaj, bakım ve işletme masrafları da dikkate alınarak fiziibilite hesabı yapılmıştır. Bunun sonucunda yıllık 7613 kWh enerji üretileceği hesaplanmıştır. Tüm yatırımin maliyetinin 5327 GBP olması beklenmektedir ve ROI 72.24 %, IRR 2.05 %, NPV -1275 GBP olarak bulunmuştur.

**Anahtar sözcükler:** IRR, metroda elektrik üretimi, NPV, rüzgâr enerjisi, yenilenebilir enerji.

## INTRODUCTION

### Energy Outlook in the UK and Aims of the Study

Renewables witnessed its largest annual rise in 2016 which is estimated 161 GW of capacity joined. Although renewable energy usage had the highest peak, only 24.5 % of electricity was produced by using renewable energy ([www.ren21.net](http://www.ren21.net), 2016). Considering the energy outlook of the UK, foremost coal and also other fossil fuels were the primary energy sources for electricity generation in the first quarter of 2017 and only small amount of electricity was generated by the nuclear energy. By 2020, it is expected that fossil fuel reserves will have decreased and therefore imports will dramatically increase which might also cause several economic issues. This means the UK will become dependent to other countries in terms of energy source imports. In order to outcome these threats, new potential sources need to be used. This study focuses on using existing but not used potentials. Idea is to generate electricity using the movement of the trains. The main aims of the study are uncovering the hidden potentials and raising the awareness all around the world.

## MATERIAL AND METHODS

### London Underground and Defining the Pilot Line

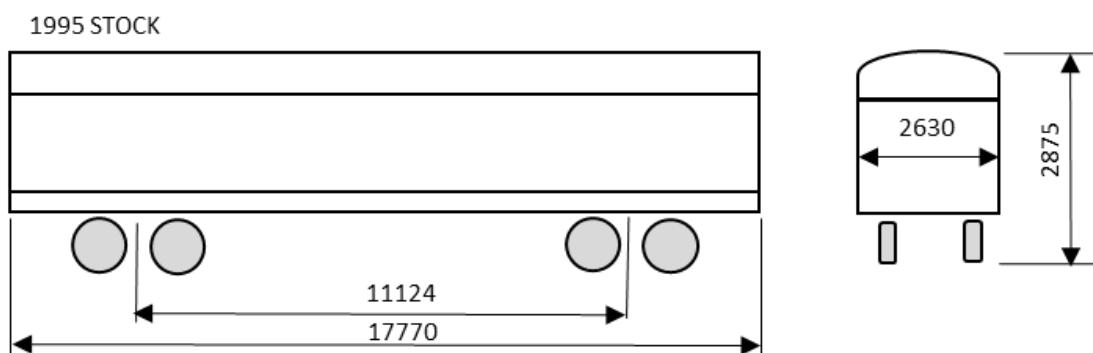
London Underground has been taken as the reference metro company. It has been chosen depending on various features. One of them is, the study was done in the UK so it would be easier to find official data about the metro company. However, London Underground kept most of the data confidential and therefore some of the needed data has been calculated or approximated based on the existing data.

The selection of the pilot line (Northern Line) has been done depending on several features which might affect the effectiveness of the energy generation positively or negatively.

**Table 2.1 Numerical Values of the London Underground and the Northern Line (London Underground, 2015)**

NAME	COLOUR	Type	Length (km)	No. of Stations	Current Stock	Trips per annum	Avg. Trips per mile
Bakerloo line	Brown	Deep	23.2	25	1972 Stock	111,136	7,665
Central line	Red	Deep	74	49	1992 Stock	260,916	5,672
Circle line	Yellow	Sub	27.2	36	S7 Stock	114,609	4,716
District line	Green	Sub	64	60	D78 Stock	208,317	5,208
Hammersmith & City line	Pink	Sub	25.5	29	S7 Stock	114,609	4,716
Jubilee line	Grey	Deep	36.2	27	1996 Stock	213,554	9,491
Metropolitan line	Purple	Sub	66.7	34	S8 Stock	66,779	1,609
<b>Northern line</b>	<b>Black</b>	<b>Deep</b>	<b>58</b>	<b>50</b>	<b>1995 Stock</b>	<b>252,310</b>	<b>7,009</b>
Piccadilly line	Dark Blue	Deep	71	53	1973 Stock	210,169	4,744
Victoria line	Light Blue	Deep	21	16	2009 Stock	199,988	15,093
Waterloo & City line	Turquoise	Deep	2.5	2	1992 Stock	15,892	10,595

The features such as the length of the deep tube, annual train count, station number have been considered and “Northern Line” that bears the highest energy generating capacity within. Furthermore, technical suitability of Northern Line also supports the project. From the Table 2.1 it can be stated that Central Line has a longer deep tube length and also more trips than Northern Line however, the primary reason of choosing Northern Line is that due to the lack of technical data of Central Line, Northern Line has been chosen. From the table 2.3, it can be seen that Northern Line has a deep tube with the length of 58 km, 50 stations and 252,310 trips per annum. What is more, rolling stock sizes of Northern Line trains which are also called as “1995 Stock” can be accessible (Table 2.1 and figure 2.1).



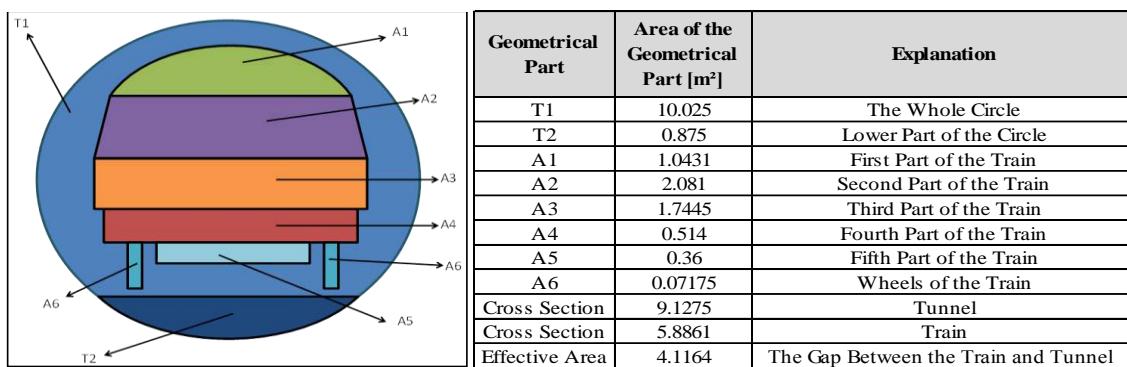
**Figure 2.1 Some Dimensions of 1995 Stock (London Underground Rolling Stock Sizes, 2011)**

### Geometrical Suitability Approach

The first step of the geometrical suitability approach was to calculate train and tunnel geometries by reducing its parts into calculable geometrical parts. Another issue which is to scale the found train and tunnel photograph into the appropriate dimensions in reality. With the known dimensions which are the width and the height of the train, the photograph was scaled up to acquire appropriate dimensions as similar as possible. 2 methods have been taken into account in the way of finding the cross-sectional areas. The first method is less sensitive when it is compared to the second method. In table 2.2, the cross-sectional

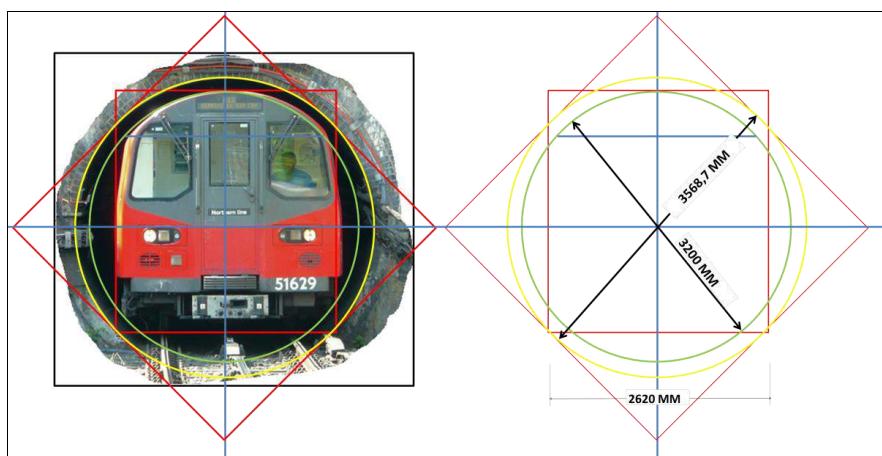
area is divided into several geometrical shapes. Then the dimensions and the area of the shapes approximated and calculated respectively.

*Table 2.2 Train and Tunnel Illustration with Geometrical Parts and Geometrical Approach Area Calculation Table (Gorgulu, 2015)*

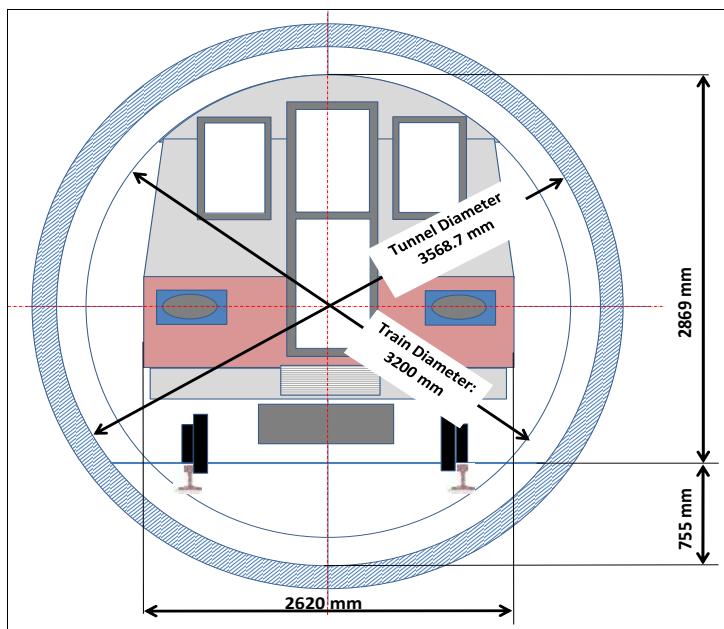


### Solid Works Scaling Approach

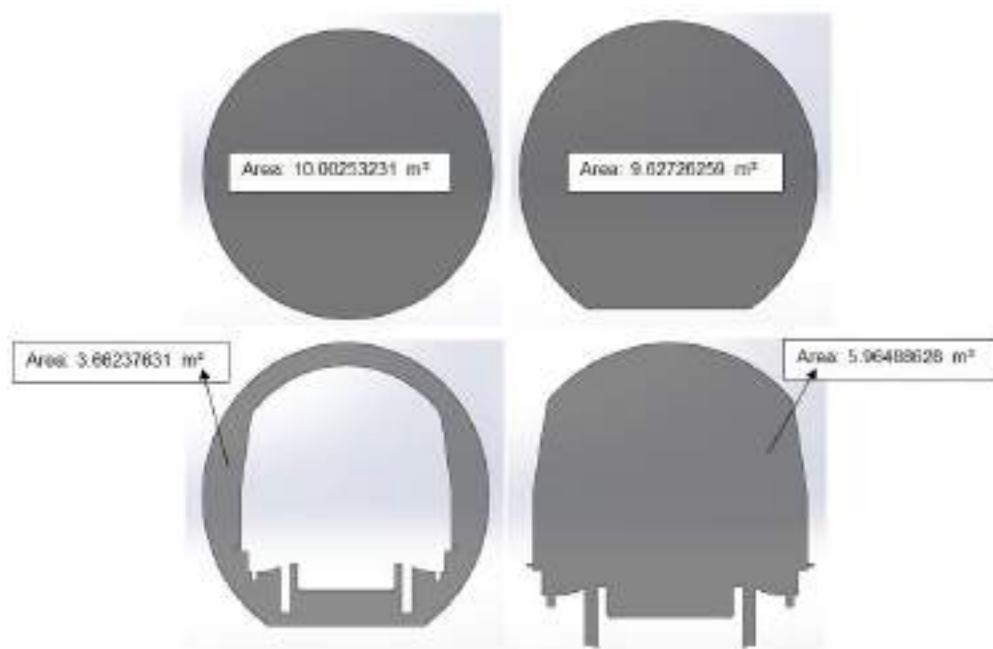
The second method covers using a designing program called Solid Works. On Solid Works, a model of the train and the tunnel have been designed. Due to the lack of official data about train and tunnel dimensions, a real photo of the train and tunnel have been taken and on Solid Works, it has been scaled into approximate dimensions. Therefore, in further calculations Solid Works derived data have been used in order to have more accurate results. Figure 2.2 and 2.3 show the scaling process and figure 2.4 illustrates the Solid Works design progress.



*Figure 2.2 The Actual Picture and the Projection Details of the Pilot Line*



*Figure 2.3 The Defined Geometrical Dimensions of the Pilot Line*



*Figure 2.4 Tunnel and Train's Cross-sectional Areas*

In the calculations, the flow velocity which occurs in the gap between the tunnel and train (effective area) has been used. Table 2.3 summarises the figure changes between 2 approaches. Solid Works Scaling Approach is more accurate that is why those data have been used in further calculations.

**Table 2.3 Geometrical Suitability and Solid Works Scaling Approach Comparisons**



Comparision Parameters	Unit	Geometrical Suitability Approach	Solid Works Scaling Approach
Cross-sectional Area of the Train	m <sup>2</sup>	5.8861	5.96488628
Cross-sectional Area of the Tunnel	m <sup>2</sup>	9.1275	9.62726259
Effective Area	m <sup>2</sup>	4.1164	3.66237631

Data sheet about Northern Line and some of the calculations have been given in table 2.4.

**Table 2.4 Numerical Values of the London Underground and Northern Line (Gorgulu, 2015)**

LINE	UNIT	NORTHERN LINE	EXPLANATIONS
Type		Deep Tube	
Track Gauge	mm	1435	(4' 8½")
Number of Train (Peak)	tph	33	
Number of Train (Peak)	tpm	0.6	Approximately a train in two minutes
Number of Passengers	million/year	200	Passengers use in a year
TUNNEL			
Tunnel Inner Diameter	mm	3568.7	
Tunnel Cross-sectional Area (Total)	m <sup>2</sup>	10.003	
Tunnel Cross-sectional Area (Closed)	m <sup>2</sup>	0.375	
Tunnel Cross-sectional Area (Open)	m <sup>2</sup>	9.6272	
Line Route	km	58	
Deep Tube	km	39	
Overground	km	19	
Number of Stations	No	50	
Rail Bottom Level	mm	509.35	
TRAIN			
Train Cross-sectional Area	m <sup>2</sup>	5.965	
Maximum Train Speed	km/h	80	
Maximum Train Speed	m/s	22.222	
Number of Cars	No	6	
Car Length	m	17.7	
Stock Type	year	1995	
Acceleration	m/s <sup>2</sup>	1.3	
Deceleration	m/s <sup>2</sup>	1.14	
Emergency Deceleration	m/s <sup>2</sup>	1.4	
Tare Weight of 7-Car Train	ton	156.7	
Width of a Car	m	2.63	
Car Height	m	2.875	
Total Length (6 cars)	m	107.87	The length of the body with 6 cars
CALCULATIONS			
Effective Cross-sectional Area	m <sup>2</sup>	3.6622	
Train Volume	m <sup>3</sup>	643.44	
Average Distance between Two Stations	m	1160	Total route/Number of Stations
Maximum Air Velocity to the Back	m/s	58.418	
Acceleration Time	s	17.09	$v = v_0 + a \times t$
Deceleration Time	s	19.49	$v = v_0 - a \times t$
Travelling Time at Maximum Speed	s	33.91	753/22.22
Travelling Distance at Maximum Speed	m	753	1160 - (190 + 217)
Acceleration Distance	m	190	$x = v_0 \times t + (\frac{1}{2}) \times a \times t^2$
Deceleration Distance	m	217	$x = v_0 \times t - (\frac{1}{2}) \times a \times t^2$

## THEORETICAL POTENTIAL APPROACH AND CALCULATIONS

As the train enters a tunnel, a volume of air is created every time because of the motion of the train in the tunnel. That volume of air is considered to move in opposite direction that the train does. Calculations have been done in direction of those principles. The flow velocity has been calculated with the help of continuity equation and it is assumed that the volume of the air as the same as volume of the train is perpendicular to train's movement direction and it is also opposite. As the created air flow moves in opposite direction to the



train, it will use the gap between the train and the tunnel to escape where wind turbines are installed. The friction losses have been taken as negligible losses and therefore, the air flow discharged by the train is assumed to be as the same as the air flow which tries to escape through the train in the opposite direction. The air flow caused by the insertion of the train in the tunnel is always equal to the air flow occurring between the tunnel and the train during the train's movement. It is assumed that there is no the friction losses due to the air flows. Using continuity equation allows us to find flow velocity between the train and the tunnel which is needed for calculating the power generation of the turbines. (Wind Turbine Power Calculations, no date)

## DEFINING THE SUITABLE TURBINE TYPES

The idea is installing vertical-axis turbines rather than installing horizontal-axis wind turbines. The scenario's energy generation can be calculated as below. In this alternative, 3 vertical axis turbines have been taken into account. The power of the turbine is 600 [W]. According to the space between tunnel and station 3 turbines can be installed in that area. The installation schematic of the wind turbines is shown in Figure 2.5 and Figure 2.6.

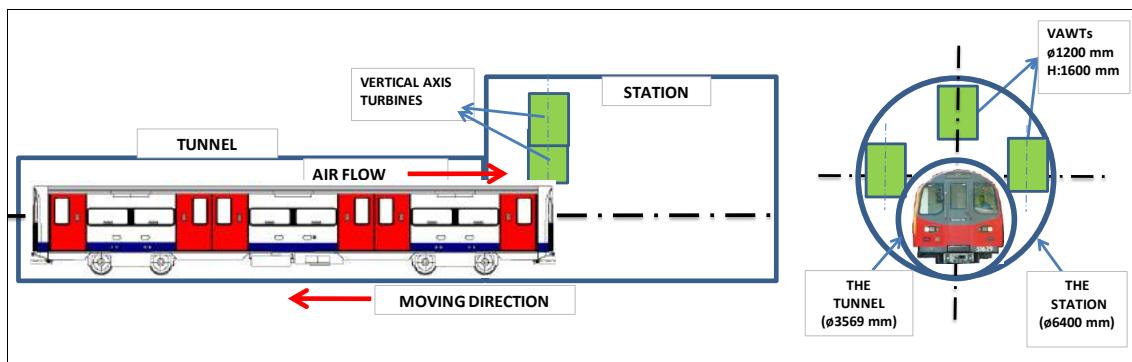


Figure 2.5 Using VAWTs for the Scenario

A sample of the vertical axis turbine which has been chosen in this scenario is given in the figure 2.7 vertical axis wind turbine which has been designed according to the selected location's dimensions and also its technical data is given in the graph in figure 2.8. In order to calculate the generation of the electricity, Betz Limit or Betz' Law has been used (Wind Turbine Power Calculations, no date).

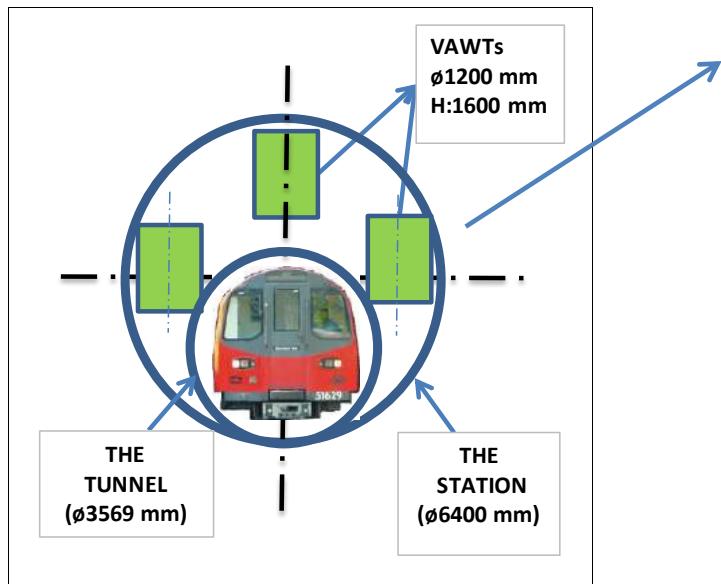


Figure 2.6 The Layout of the VAWTs in the Station



Figure 2.7 Vertical Axis Wind Turbine ([www.windturbinestar.com](http://www.windturbinestar.com), no date)

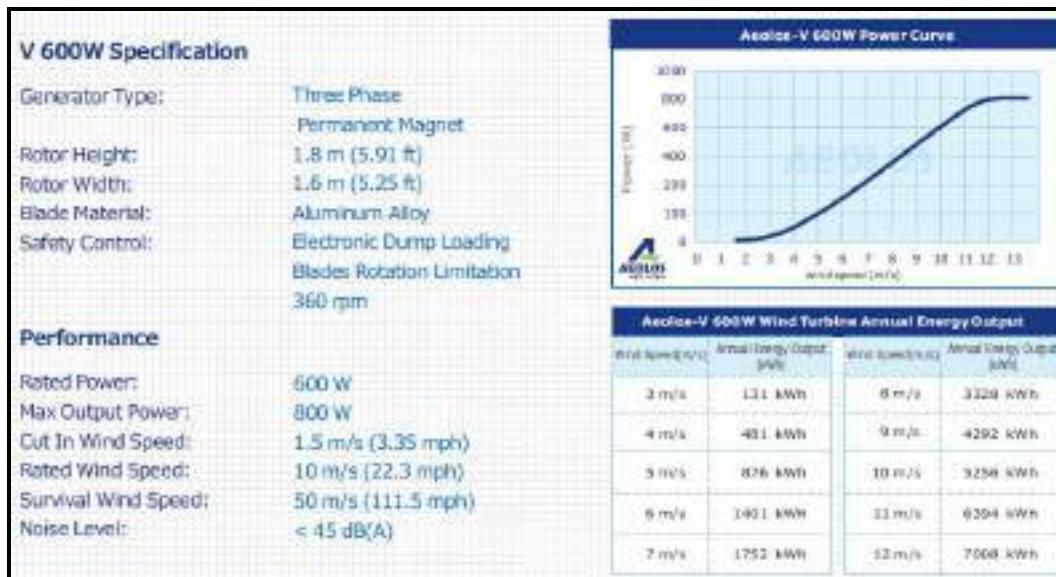


Figure 2.8 Vertical Axis Wind Turbine Characteristics ([www.windturbinestar.com](http://www.windturbinestar.com), no date)

## RESULTS, CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

### Technical Results and Applicability

To the exit side of the station, considering the geometries of the tunnel and train 3 vertical axis wind turbines with the power of 600 Watts (1200 [mm] diameter, 1600 [mm] height). The chosen turbines and their technical properties are given below in Table 3.1. Calculation chart has been given in table 3.2.

Table 3.1 The Technical Details of the Desired VAWT Type



Wind Turbine 600 W Specification	
<b>Rated Power</b>	600 W
<b>Maximum Output Power</b>	800 W
<b>Output Voltage</b>	48 V
<b>Rotor Height</b>	1.6 m (5.2 ft)
<b>Rotor Diameter</b>	1.2 m (3.9 ft)
<b>Start-up Wind Speed</b>	1.5 m/s (3.4 mph)
<b>Rated Wind Speed</b>	10 m/s (22.3 mph)
<b>Survival Wind Speed</b>	50 m/s (111.5 mph)
<b>Generator</b>	Permanent Magnetic Generator
<b>Generator Efficiency</b>	> 0.96
<b>Turbine Weight</b>	18 kg (39.6 lbs)
<b>Noise</b>	< 45 dB (A)
<b>Temperature Range</b>	-20 °C to +50 °C
<b>Design Lifetime</b>	20 Years
<b>Warranty</b>	Standard 5 Years

**Table 3.2 Calculation Chart**

Formula	Calculation Result	Unit	Explanations
$v_a = v_0 \pm a_a \times t_{acc}$	$t_{acc} = 17.09$	s	Acceleration time
$x_{acc} = v_0 \times t_{acc} \pm 1/2 \times a_{acc} \times t_{acc}^2$	$x_{acc} = 189.84$	m	Acceleration distance
$v = v_0 - a_{dec} \times t_{dec}$	$t_{dec} = 19.5$	s	Deceleration time
$x_{dec} = v_0 \times t_{dec} \pm 1/2 \times a_{dec} \times t_{dec}^2$	$x_{dec} = 216.54$	m	Deceleration distance
$x_{acc} + x_{dec}$	406.38	m	Total acceleration and deceleration distance
$x_m = 1160 - (x_{acc}-x_{dec})$	$x_m = 753.62$	m	The train moves at maximum speed among this distance
$t_m = x/v = x_{dec}/v$	$t_m = 33.916$	s	Time apart from acceleration and deceleration (The train moves at maximum speed in this time interval)
$P_a = (\frac{1}{2}) \times A_v \times \rho \times C_p \times v^3$	7613	kWh	Annual electricity generation

## FINANCIAL RESULTS

It is assumed that the generated power will use in the stations. It means the generated electrical power will not be connected to the grid. For grid off system and according to supplier's offer can be found in ref. (Gorgulu, 2015), the total investment cost table of the desired VAWT is shown in Table 3.2;

Table 3.2 The Total Investment Cost of the Desired VAWT



Vertical Axis Turbine 600 W		
Cost Details	Investment (3 × 600 Watts)	Share (%)
Turbine	6810 USD	84.19
Foundation	521.3 USD	6.44
Electric Installation	310 USD	3.83
Grid Connection	0 USD	0
Control Systems	350 USD	4.33
Consultancy	0 USD	0
Land	0 USD	0
Financial Costs	97.8 USD	1.21
Road	0 USD	0
<b>Total Cost (USD)</b>	<b>8089</b>	<b>100</b>
<b>Total Cost (GBP)</b>	<b>5327</b>	<b>100</b>

1 GBP = 1.51846 USD ([www.poundsterlinglive.com](http://www.poundsterlinglive.com), 2015)

The Total investment cost ( $\Sigma C_t$ ):

$$\Sigma C_t = 5327 \text{ [GBP]}$$

Feasibility study results of this scenario are demonstrated in tables 3.3.

Table 3.3 Feasibility Calculations for the Scenario

Parameters	Formulas	Results
Return on Investment (ROI)	$ROI = \frac{\text{Net Income} \times (\text{Gains} - \text{Costs})}{\text{Costs}}$	72.24%
Payback Period (PP)	$\text{Payback Period} = \frac{\text{Cost of Investment}}{\text{Annual Cash Flows}}$	16.91 Years
Internal Rate of Return (IRR)	$0 = R_0 + \frac{R_1}{1 + IRR} + \frac{R_2}{(1 + IRR)^2} + \frac{R_3}{(1 + IRR)^3} + \dots + \frac{R_n}{(1 + IRR)^n}$	2.05%
Net Present Value (NPV)	$NPV = \frac{R_1}{(1 + i)^1} + \frac{R_1}{(1 + i)^1} + \dots + \frac{R_1}{(1 + i)^n} - C$	-1275 GBP

## COMMENTS AND RECOMMENDATIONS

There are several big potentials to use to generate electrical energy from off-shore and in-shore sources in the world and in the UK.

The air flow potential to produce electrical energy seems suitable for undergrounds.

It is needed to be simulated one of the turbines in the metro as a prototype to measure and define the potential of the electrical energy generation in the underground metros.

This scenario is the easiest option to be applied because of its standard equipment and there are more suitable places on the station side of the tunnels.



## NOMENCLATURE

### List of Abbreviations

<b>PP:</b> Payback Period	<b>IRR:</b> Internal Rate of Return
<b>ROI:</b> Return on Investment	<b>Wh :</b> Watts-hour
<b>NPV:</b> Net Present Value	<b>kWh :</b> Kilowatts-hour
<b>SW:</b> Solid Works	

### List of Symbols

<b>Q (m<sup>3</sup>/h):</b> Air flow rate	<b>P<sub>a</sub> (W):</b> Available power
<b>A<sub>T</sub> (m<sup>2</sup>):</b> The cross-sectional area of the tunnel	<b>A<sub>v</sub> (m<sup>2</sup>):</b> Swept area of the turbines
<b>V<sub>T</sub> (m<sup>3</sup>):</b> The volume of the train	<b>C<sub>p</sub> :</b> Betz limit
<b>ρ (kg/m<sup>3</sup>):</b> Air density in the tunnel	<b>v<sub>ao</sub> (m/s):</b> Average train speed when accelerating
<b>A<sub>E</sub> (m<sup>2</sup>):</b> Area of the gap between the train and tunnel	<b>v<sub>do</sub> (m/s):</b> Average train speed when decelerating
<b>v<sub>H</sub> (m/s):</b> The velocity of the air in the gap between the tunnel and the train	<b>W<sub>eh</sub> (kWh):</b> Hourly energy generation
<b>a<sub>acc</sub> (m/s<sup>2</sup>):</b> Acceleration of the train	<b>W<sub>ed</sub> (kWh):</b> Daily energy generation
<b>a<sub>dec</sub> (m/s<sup>2</sup>):</b> Deceleration of the train	<b>W<sub>ea</sub> (kWh):</b> Annually energy generation
<b>a<sub>e</sub> (m/s<sup>2</sup>):</b> Emergency deceleration of the train	<b>NPV (GBP):</b> Net present value
<b>x<sub>acc</sub> (m):</b> Distance among acceleration time	<b>R<sub>1,R<sub>2,R<sub>n</sub></sub></sub> (GBP):</b> Net income
<b>x<sub>dec</sub> (m):</b> Distance among deceleration time	<b>i (%):</b> Nominal discount rate in the UK
<b>x<sub>m</sub> (m):</b> The distance acceleration until the start of deceleration of the train	<b>C (GBP):</b> Investment cost
<b>t<sub>acc</sub> (s):</b> Acceleration time of the train	<b>n (Years):</b> Economical life of the equipment
<b>t<sub>dec</sub> (s):</b> Deceleration time of the train	<b>P<sub>ah</sub> (kWh):</b> Hourly generated power
<b>v<sub>a</sub> (m/s):</b> The maximum air flow velocity	<b>P<sub>ad</sub> (kWh/day):</b> Daily generated power
<b>v<sub>0</sub> (m/s):</b> Initial air flow velocity	<b>P<sub>ay</sub> (kWh/year):</b> Annually generated power

## REFERENCES

- Baker, C. (2010). The flow around high speed trains. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 98(6-7), pp.277-298.
- BP, (2015). BP Energy Outlook 2035. [online] Available at: [http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/energy-outlook-2015/Energy\\_Outlook\\_2035\\_booklet.pdf](http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/energy-outlook-2015/Energy_Outlook_2035_booklet.pdf) [Accessed 13 Sep. 2015].
- Bullis, K. (2008). A Design for Cheaper Wind Power. [online] MIT Technology Review. Available at: <https://www.technologyreview.com/s/411274/a-design-for-cheaper-wind-power/> [Accessed 17 Aug. 2017].
- Chen, A. (2014). Metro explores new green energy options: placing a wind turbine in a subway tunnel. [online] Metro's The Source. Available at: <http://thesource.metro.net/2014/03/31/metro-explores-new-green-energy/> [Accessed 13 Sep. 2015].
- Dfepni.gov.uk, (2015). Net Present Values | 2.8 Step 8 - Calculate Net Present Values and Assess Uncertainties | Step By Step Appraisal Guidance | Welcome to the Northern Ireland Guide to Expenditure Appraisal and Evaluation (NIGEAE) | D F P (N I). [online] Available at: [http://www.dfepni.gov.uk/eag\\_net\\_present\\_values](http://www.dfepni.gov.uk/eag_net_present_values) [Accessed 23 Sep. 2015].
- EIA, (2015). Annual Energy Outlook. [online] Available at: [http://www.eia.gov/pressroom/presentations/sieminski\\_05042015.pdf](http://www.eia.gov/pressroom/presentations/sieminski_05042015.pdf) [Accessed 13 Sep. 2015].



- EIA, (2015). International Energy Outlook 2013. [online] Available at: [http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484\(2013\).pdf](http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484(2013).pdf) [Accessed 13 Sep. 2015].
- Elsevier Ltd, U. (2015). Focus UK: The State of Renewable Energy 2015 - Renewable Energy Focus. [online] Renewableenergyfocus.com. Available at: <http://www.renewableenergyfocus.com/view/42156/focus-uk-the-state-of-renewable-energy-2015/> [Accessed 13 Sep. 2015].
- Engineeringtoolbox.com, (2015). Engineering ToolBox. [online] Available at: <http://www.engineeringtoolbox.com> [Accessed 13 Sep. 2015].
- GORGULU, Y. and WINFIELD, P. (2015). Generating Electrical Energy by Using Air Flow Occurrence in Underground Metros. MSc Dissertation Oxford Brookes University.
- Gorgulu, Y. and Winfield, P. (2015). Generating Electrical Energy by Using Air Flow Occurrence in Underground Metros. MSc Dissertation Oxford Brookes University.
- Gov.uk, (2013). Energy Consumption in the UK - GOV.UK. [online] Available at: <https://www.gov.uk/government/collections/energy-consumption-in-the-uk> [Accessed 13 Sep. 2015].
- Gov.uk, (2013). Energy Trends section 5: electricity - Publications - GOV.UK. [online] Available at: <https://www.gov.uk/government/statistics/electricity-section-5-energy-trends> [Accessed 13 Sep. 2015].
- Gov.uk, (2013). International domestic energy prices - Statistical data sets - GOV.UK. [online] Available at: <https://www.gov.uk/government/statistical-data-sets/international-domestic-energy-prices> [Accessed 13 Sep. 2015].
- Gov.uk, (2015). Statistical data sets - GOV.UK. [online] Available at: <http://www.gov.uk/government/statistical-data-sets> [Accessed 13 Sep. 2015].
- Gwec.net, (2015). GLOBAL WIND ENERGY OUTLOOK 2014 - GWEC. [online] Available at: <http://www.gwec.net/publications/global-wind-energy-outlook/global-wind-energy-outlook-2014/> [Accessed 13 Sep. 2015].
- Hurst, T. (2015). FloDesign Triples Efficiency of Traditional Wind Turbines | Crisp Green. [online] Crispgreen.com. Available at: <http://crispgreen.com/2009/09/flodesign-triples-efficiency-of-traditional-wind-turbines/> [Accessed 13 Sep. 2015].
- Hurst, T. and Hurst, T. (2008). Top Five Micro Wind Turbines. [online] CleanTechnica. Available at: <http://cleantechica.com/2008/03/21/the-five-best-micro-wind-turbines/> [Accessed 13 Sep. 2015].

IEA, World Energy Outlook 2014 Fact Sheet cleantechica.com July 8th, 2014 by Mridul Chadha

International Journal of Innovative Research in Technology & Science(IJIRTS), (2015). IMPROVING EFFICIENCY OF WIND POWER GENERATION WITH JET WIND TURBINE. [online] Available at: <http://ijirts.org/volume2issue3/IJIRTSV2I3028.pdf> [Accessed 13 Sep. 2015].

International Renewable Energy Agency, (2015). RENEWABLE ENERGY TECHNOLOGIES: COST ANALYSIS SERIES.[online] Available at: [https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/RE\\_Technologies\\_Cost\\_Analysis-WIND\\_POWER.pdf](https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/RE_Technologies_Cost_Analysis-WIND_POWER.pdf) [Accessed 13 Sep. 2015].

Kim, J. and Kim, K. (2009). Effects of vent shaft location on the ventilation performance in a subway tunnel. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 97(5-6), pp.174-179.



- Krohn, S., Morthorst, P. and Awerbuch, S. (2009). The Economics of Wind Energy. [ebook] EWEA The European Wind Energy Association, pp.1-156. Available at: [http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/reports/Economics\\_of\\_Wind\\_Energy.pdf](http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/reports/Economics_of_Wind_Energy.pdf) [Accessed 13 Sep. 2015].
- Metro.co.uk, O. (2015). It's actually hotter than 40C on London buses. [online] Metro. Available at: <http://metro.co.uk/2015/07/01/which-is-the-hottest-mode-of-transport-in-london-as-temperatures-hit-37c-5274910/> [Accessed 13 Sep. 2015].
- MIT, (2015). Wind Power Wind Power Fundamentals. [online] Available at: <http://web.mit.edu/windenergy/windweek/Presentations/Wind%20Energy%201.pdf> [Accessed 13 Sep. 2015].
- Moloney, C. (2015). Small Wind Turbine: What Is the Payback Period? | Poplar Network. [online] Poplarnetwork.com. Available at: <http://www.poplarnetwork.com/news/small-wind-turbine-what-payback-period> [Accessed 23 Sep. 2015].
- National Renewable Energy Laboratory (NREL), (2015). Wind Turbine Design Cost and Scaling Model. [online] Available at: <http://www.nrel.gov/wind/pdfs/40566.pdf> [Accessed 13 Sep. 2015].
- Neil, G. (2007). Information Sheet. 1st ed. [ebook] London: London Underground, pp.11-12. Available at:<https://www.whatdotheyknow.com/request/283796/response/699710/attach/9/RS%20Info%20Sheets%204%20Edition.pdf> [Accessed 23 Sep. 2015].
- Novak, J. (2015). SINGLE TRAIN PASSING THROUGH A TUNNEL. [online] Available at:[http://www.fem.unicamp.br/~phoenics/EM974/PROJETOS/PROJETOS%202%20SEM-13/TURMA%20A/G5%20-%20Deslocamento%20ar%20em%20tunel/\(4\)%20Referencias%20bibliograficas/SINGLE%20TRAIN%20PASSING%20THROUGH%20A%20TUNNEL.pdf](http://www.fem.unicamp.br/~phoenics/EM974/PROJETOS/PROJETOS%202%20SEM-13/TURMA%20A/G5%20-%20Deslocamento%20ar%20em%20tunel/(4)%20Referencias%20bibliograficas/SINGLE%20TRAIN%20PASSING%20THROUGH%20A%20TUNNEL.pdf) [Accessed 13 Sep. 2015].
- Ofgem.gov.uk. (2017). Electricity generation mix by quarter and fuel source (GB). [online] Available at: <https://www.ofgem.gov.uk/data-portal/electricity-generation-mix-quarter-and-fuel-source-gb> [Accessed 9 Aug. 2017].
- Oginenergy.com, (2015). Welcome to Ogin | Ogin. [online] Available at: <http://www.oginenergy.com> [Accessed 13 Sep. 2015].
- Paunovic, P. (2015). intro. [online] Poduhvat-hydrokinetics.co.uk. Available at: <http://poduhvat-hydrokinetics.co.uk> [Accessed 13 Sep. 2015].
- Pound Sterling Live. (2015). [online] Available at: <http://www.poundsterlinglive.com> [Accessed 13 Sep. 2015].
- Renewables 2017 Global Status Report. (2017). [ebook] Ren21, pp.28-39. Available at: [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/06/17-8399\\_GSR\\_2017\\_Full\\_Report\\_0621\\_Opt.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/06/17-8399_GSR_2017_Full_Report_0621_Opt.pdf) [Accessed 30 Sep. 2017].
- Transport for London, e. (2015). Home - Transport for London. [online] TfL.gov.uk. Available at: <http://www.tfl.gov.uk> [Accessed 13 Sep. 2015].
- Tubeprune.com, (2015). Tubeprune Home Page. [online] Available at: <http://www.tubeprune.com> [Accessed 13 Sep. 2015].



## INVESTIGATION OF INDUCTION MOTOR ROTOR VOLTAGE AND FREQUENCY BY THE SLIP CHANGE

Ahmet AYCAN

Gaziantep University, Electric and Energy Department

aycan@gantep.edu.tr

Mehmet Ali ÖZÇELİK\*

Gaziantep University, Electric and Energy Department

ozcelik@gantep.edu.tr

**ABSTRACT:** The slip in induction motors is the synchronous cycle ratio of the rotor speed difference with the synchronous speed. It is known that in three-phase induction motors, rotor voltage and frequency change with a slip. In this study, the induction motor with rotor winding is connected to stator star and the grid voltage is applied. The rotor windings are star connected in itself. A voltmeter and a frequency meter are connected to the ends extracted by the bracelets to measure the rotor voltage and frequency. With the support of the universal motor, the induction motor is rotated in the direction of the rotating field and in the opposite direction of the rotating field and the interpretation of the change in rotor voltage and frequency depending on the slip has been made. When the rotor rotates in the direction of the stator rotating field, the rotor voltage and frequency decrease as the rotor revolution increases, and when the rotor speed reaches the stator rotating field speed, the slip, rotor voltage and frequency become zero. The rotor rises above the slip value 1 when the stator is rotated in the opposite direction of the rotating field and the rotor speed is increased. As a result of increasing the rotor speed until the rotor voltage frequency reaches 200 Hz; the rotor voltage and frequency increased at slip value 1, that is, the rotor stopped position.

**Key words:** Induction motor, slip of induction motor, frquency

## ASENKRON MOTORDA ROTOR GERİLİMİ VE FREKANSININ KAYMAYA BAĞLI DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ

**ÖZET:** Asenkron motorlarda kayma, senkron devirle rotor devri farkının senkron devre oranıdır. Üç fazlı asenkron motorlarda rotor gerilimi ve frekansının kaymaya bağlı olarak değiştiği bilinmektedir. Yapılan çalışmada rotoru sargılı asenkron motorun statoru yıldız bağlanarak şebeke gerilimi uygulanmıştır. Rotor sargı uçları kendi içerisinde yıldız bağlıdır. Bilezikler vasıtası ile dışarı çıkarılan uçlara rotor gerilimi ve frekansını ölçmek için voltmetre ve frekans-metre bağlanmıştır. Universal motor yardımıyla asenkron motor döner alan yönünde ve döner alanın tersi yönde döndürülmüş kaymaya bağlı olarak rotor gerilimi ve frekansının değişimi ile ilgili yorum yapılmıştır. Rotor, stator döner alan yönünde döndürüldüğünde rotor gerilimi ve frekansi rotor devri arttıkça azalmakta ve rotor hızı stator döner alan hızına ulaştığında ise kayma, rotor gerilimi ve frekansi sıfır olmaktadır. Rotor, stator döner alanının tersi yönünde döndürüldüğünde ve rotor devir sayısı arttırıldığında kayma değeri 1' in üzerine çıkmaktadır. Rotor gerilimi frekansı 200



Hz değerine ulaşınca kadar rotor devir sayısı arttırılması sonucunda; rotor gerilimi ve frekansı kayma değeri 1'de yani rotorun durma pozisyonunda artış göstermiştir.

**Anahtar sözcükler:** asenkron motor, kayma, frekans

\*Corresponding author: [ozcelik@gantep.edu.tr](mailto:ozcelik@gantep.edu.tr)



## INDICATION OF THE EFFECT OF COMPENSATION IN ELECTRICAL EDUCATION

Mehmet Ali ÖZÇELİK

Gaziantep University, Electric and Energy Department

ozcelik@gantep.edu.tr

Ahmet AYCAN\*

Gaziantep University, Electric and Energy Department

aycan@gantep.edu.tr

**ABSTRACT:** The most important energy requirement of the industry is electricity. Considering the decreasing fossil resources of the increasing world population, it is important to use of electricity efficiently. One of the issues related to the efficient use of electric energy is compensation, which is the process of reducing the reactive power and increasing the power factor. In this study, the compensation power is calculated for a lighting circuit which draws reactive power, and the capacitor power and capacity which increase the power factor is determined. The calculated capacity and power value are taken out to the circuit by means of a button and the power factor value before and after compensation is displayed on a digital screen. In this regard, a portable device was created to contribute to a better understanding of the concept of compensation in electrical engineering education.

**Key words:** active power, reactive power, apparent power, reactive power compensation, energy efficiency

## ELEKTRİK EĞİTİMİNDE KOMPANZASYON ETKİSİNİN GÖSTERİLMESİ

**ÖZET:** Sanayinin en önemli enerji ihtiyacı elektrik enerjisidir. Artan dünya nüfusu azalan fosil kaynakları düşünüldüğünde elektrik enerjisini verimli kullanmak önem arz etmektedir. Elektrik enerjisinin verimli kullanımına ilişkin konulardan birisi kompanzasyon olup özetle reaktif gücün azaltılıp güç katsayısının yükseltilmesi işlemidir. Yapılan çalışmada reaktif güç çeken bir aydınlatma devresi için kompanzasyon hesabı yapılarak güç katsayısının yükseltilmesini sağlayan kondansatör gücü ve kapasitesi belirlenmiştir. Hesaplanan kapasite ve güç değerinde temin edilen kondansatör bir buton vasıtasiyla pratik bir şekilde devreye alınıp çıkartılarak, kompanzasyon öncesi ve sonrası güç katsayısı değeri dijital bir ekranda gösterilmiştir. Bu sayede elektrik mühendisliği eğitiminde kompanzasyon kavramının daha iyi anlaşılmasına katkı sağlayacak taşınabilir bir düzenek oluşturulmuştur.

**Anahtar sözcükler:** aktif güç, reaktif güç, görünür güç, reaktif güç kompanzasyonu, enerji verimliliği

\*Corresponding author: aycan@gantep.edu.tr



## DETERMINING ENERGY DISSIPATION OF A PIEZOELECTRIC ACTUATOR USING DIGITAL MEASUREMENT SYSTEM

Ali SARI

Manisa Celal Bayar University  
Electrical and Energy Department  
Turgutlu-Manisa, Turkey  
ali.sari@cbu.edu.tr

Levent PARALI

Manisa Celal Bayar University  
Electronics and Automation Department  
Turgutlu-Manisa, Turkey  
levent.parali@cbu.edu.tr

Jiri PECHOUSEK

Palacký University  
Department of Experimental Physics, Faculty of Science,  
Olomouc, Czech Republic  
jiri.pechousek@upol.cz

**ABSTRACT:** The objective of this paper is to determine energy dissipation ratio of a PEA through a digital measurement system with laser displacement sensor. The experimental vibration displacement values of PEA have been achieved utilizing the swept-sine signal excitation following the peak values in the signal response measured by the laser Doppler vibrometer. Obtained experimental results on the PEA are used to find its some dynamical parameters such as resonance frequency, k- stiffness, c- damping factor, energy dissipation, the Q- quality factor.

**Key words:** Piezoelectric actuator, digital measurement system, vibration, damping factor, energy dissipation.

## INTRODUCTION

Piezoelectric materials are commonly used in actuator and sensor technologies due to their unique ability to couple electrical and mechanical displacement. Although piezoelectric materials have been known for more than a century, they have gained importance over last few decades because of their high potential as smart materials. The properties of a piezoelectric material can be improved with small addition of substitutional impurities, or dopants, as previously exploited in designing the properties of PZT (lead zirconate titanate). They convert mechanical energy into electrical energy, which makes them useful as sensitive sensors of mechanical inputs. They also convert electrical energy to mechanical energy, which makes them useful as actuator (Ajitsaria, Cheo, Shen & Kim, 2007; Dakua, Afzulpurkar, 2013; Gupta, Suman & Yadav, 2014).

Nowadays, piezoelectric materials are used in many areas such as health monitoring of steel structures (Park & Yun, 2005), in electricity storage systems (Anton & Sodano, 2007; Beeby, Tudor & White, 2006), in monitoring a body structure of aircrafts (Ying, Feng, Ni



& Zhu, 2011), in the moving parts of the mechatronics systems (Yong, Fleming & Moheimani, 2013), in nanopositioning stage of an atomic force microscope. Moreover, some piezoelectric actuators (PEAs) are used in such voice stimulators as a buzzer, microphones, head phones (Parashar, Wagner & Hagedorn, 2013), in pressure measurement (Caliano, Lamberti, Iuia & Pappalardo, 1995) in the underwater ultrasonic communication (Ki, Deng, Yuan & Carlson, 2012), and in the medical equipment (Sanni, Vilches & Toumazou, 2012).

In the modern measurement systems, the dynamical testing of the PEA includes an excitation methods with vibration measurements should be contactless. The vibration sensing performing is done by interferometric optical methods through laser. Laser based vibration measurement system is commonly employed owing to its higher sensitivity and precision (Parali, Pechousek, Sabikoglu, Novak, Navarik & Vujtek, 2016). The convenient way is to utilize a laser Doppler vibrometer (LDV) system (Norman, Backström, Rantatlo, Svoboda & Kaplan, 2006; Zhen, Chen, Yuan, Li, Liang & Yu, 2013) which is used to perform noncontact vibration measurement of the material surface. The laser beam from LDV is directed to the studied material surface. The amplitude and frequency of LDV output signal depend on the vibration and are deducted from the Doppler shift of the reflected laser beam due to the surface motion (Parali, Pechousek, Sabikoglu, Novak, Navarik & Vujtek, 2016).

By the way, some researchers aimed to describe how the innate performance of the PEA can be used to make dampers, too (Kitagawa, Tamai & Takeshita, 2004). As it is known, damping is a material property which has an effect on the vibrating amplitude of a resonance system. For the mechanical damping working of a structure, it is necessary to consider damping; mass, and stiffness. Also, numerical results of vibration and acoustical are very sensitive to the damping parameter. The damping values are expressed as material damping, system damping, separately. The system damping explains the energy dissipated in the structure while the material damping represents the energy loss at a molecular level. When specific components in the whole structure have different damping value from each other such as cast iron, rubber etc, it needs various material damping coefficients separately. If the entire structure has component damping values which are close to each other, an overall system damping coefficient is to be determinable to the whole structure. In this situation, determination of the material damping doesn't need as well (Adams & Askenazi, 1999).

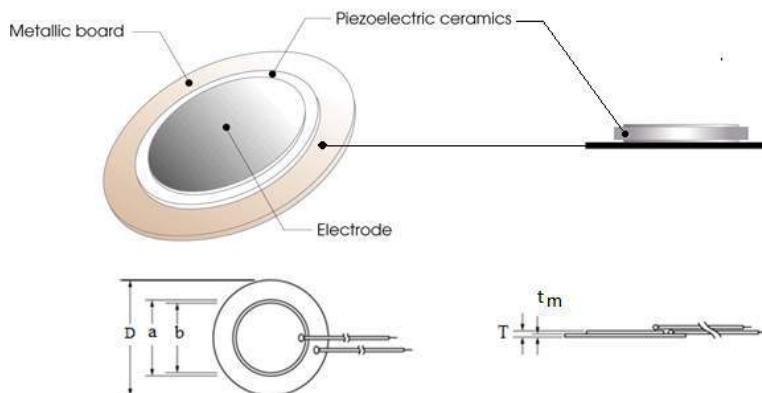
The amount of PEA energy dissipated depends on its damping level. Damping is the decrease in amplitude or displacement with time due to the resistance of the medium to the vibration. Damping occurs progressively as energy is taken out of the system by another force as friction. If the damping is enough that the system just fails to oscillate, then it is said to be critically damped. Damping more than this is referred to as over damping and less is similarly underdamped. The critical damping means the minimum damping that will prevent or stop oscillation in the shortest amount of time (Blandon, 2004).

**This study aims to determine the energy dissipation characteristics of PEA vibration using digital measurement system based on laser.**

## METHODS

The PEA component is built with a piezoelectric diaphragm together. The diaphragm structure of the PEA is obtained by sticking of PZT to a metal plate of brass. In this study, the sound component of MURATA Manufacturing Co., Ltd. (Parali, Pechousek,

Sabikoglu, Novak, Navarik & Vujtek, 2016) with known parameters (Table 1) is selected namely 7BB-20-6 (Fig. 1).



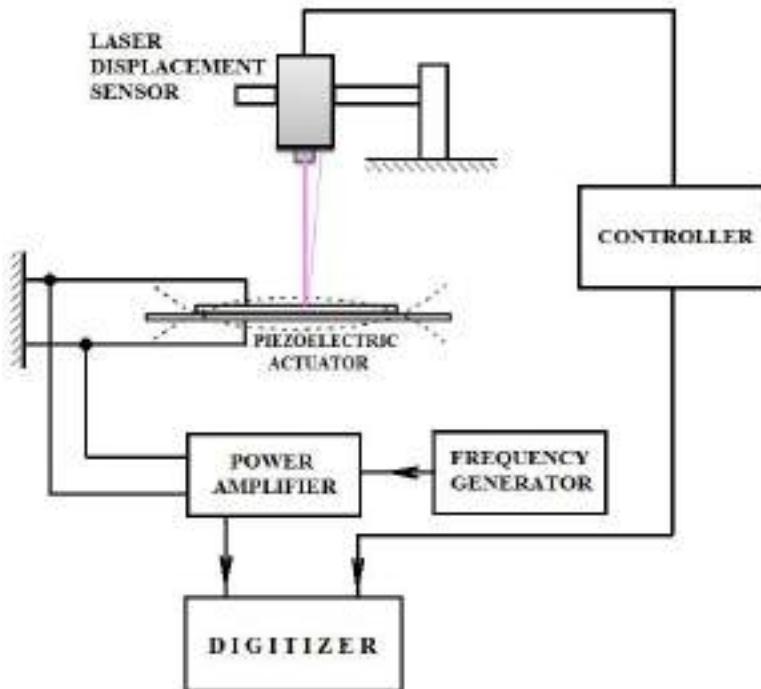
**Fig. 1** The view of tested PEA with its dimensions drawing.

**Table 1.** Specific parameters of tested PEA.

Model No	7BB-20-6
Element type	Piezo
Structure	Lead titanium zirconium oxide (PZT)
Transducer function	Diaphragm
Plate size diameter, $D$ (mm)	20.0
Element size diameter, $a$ (mm)	14.0
Electrode size diameter, $b$ (mm)	12.8
Thickness, $T$ (mm)	0.42
Metal plate thickness, $t_m$ (mm)	0.20
Resonance frequency, $f_r$ (kHz)	$6.3 \pm 0.6$
Capacitance, $C$ (nf)	$10 \pm 30$ %
Dielectric Constant, $\epsilon_r$	1510
Resonant Impedance, $R$ ( $\Omega$ )	$\leq 300$
Input Voltage, $V_{p-p}$ max (V)	30
Operating temperature, $t_C$ ( $^{\circ}$ C)	-20 ~ 70

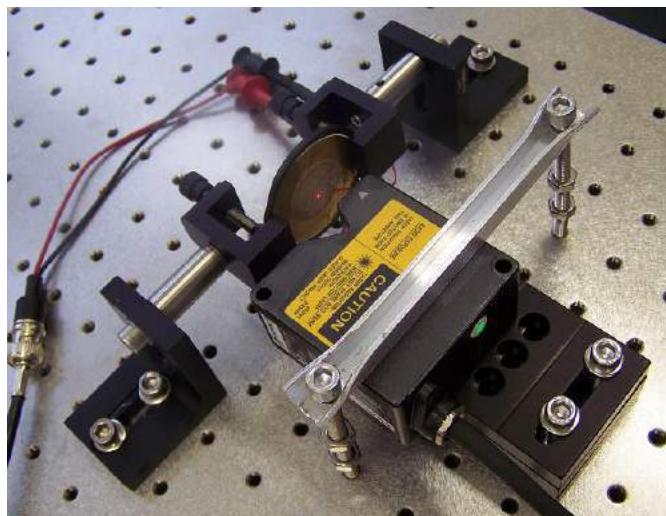
## EXPERIMENTAL SETUP

The vibration properties of the studied PEA are measured using LK-G37 laser displacement sensor which is controlled by LK-G3001 controller at room temperature. Laser based digital measurement system managed by LabVIEW applications is shown in Fig.2. (Parali, Pechousek, Sabikoglu, Novak, Navarik & Vujtek, 2016).



**Fig.2** Experimental setup of the laser based digital measurement system.

The experimental setup of the laser based measurement system includes a personal computer with two PCI boards. As a drive frequency generator (excitation voltage) for PEA vibration. The detailed configuration of the measurement system is presented in (Parali, Pechousek, Sabikoglu, Novak, Navarik & Vujtek, 2016). Mentioned measurement system is capable to measure the dynamic displacement as PEA vibration response using the swept-sine excitation method (Parali, Pechousek, Sabikoglu, Novak, Navarik & Vujtek, 2016); from i.e. 10 Hz up to 20 MHz with 1 Hz step. Fig.3 presents a real view of PEA position in a fixing tool

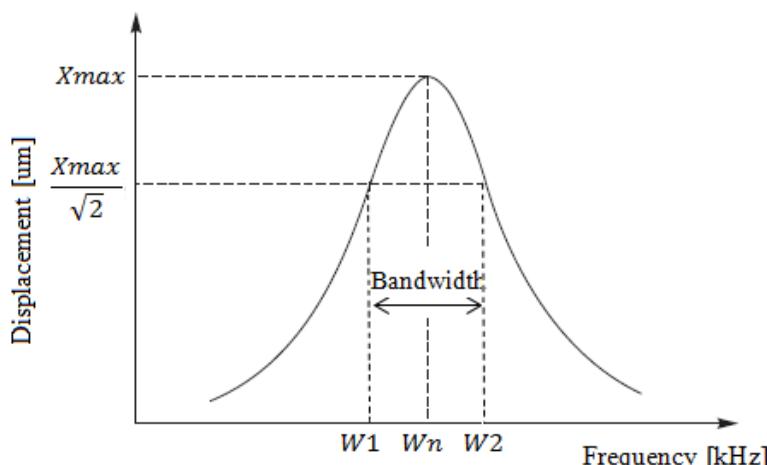


**Fig.3** Real position of the PEA in a fixing tool.

## DETERMINING DAMPING FACTOR AND ENERGY DISSIPATION OF THE PEA

Damping is defined by various parameters (Q factor, damping ratio etc.) and models (viscous, structural) . Damping measurements consist of time or frequency dependent responses of system damping.

The Half Power Bandwidth method is based on the frequency response curve and is used to define the system damping. The damping ratio of a system can be calculated using the system's harmonic force response at different frequencies. The greatest amplitude value of a system in the frequency response is called the Quality Factor (Q) (Finot, Passian & Thundat, 2008; Law, 1996). The damping ratio of the system can be obtained by the frequency values at which the maximum amplitude in frequency response decreases by 3 dB( $0.707 \cdot X_{max}$ ). This method is shown graphically in Fig 4 and given by the following equation (Silva, 2007).



**Fig.4** Half Power Bandwidth Method

$$\frac{W_2 - W_1}{W_n} = 2 * \zeta = \frac{1}{Q} \quad (1)$$

$$W_2 - W_1 = \Delta W$$

where  $\Delta W$ ,  $\zeta$ ,  $W_n$ ,  $Q$  represent bandwidth, fractional of critical damping , resonance frequency and quality factor, respectively. Critical damping of the system express as follow

$$c_c = 2 * \sqrt{k * m} = 2 * m * W_n \quad (2)$$

where  $c_c$  is critical damping,  $k$  is stiffness coefficient,  $m$  is mass.

The damping ratio express as

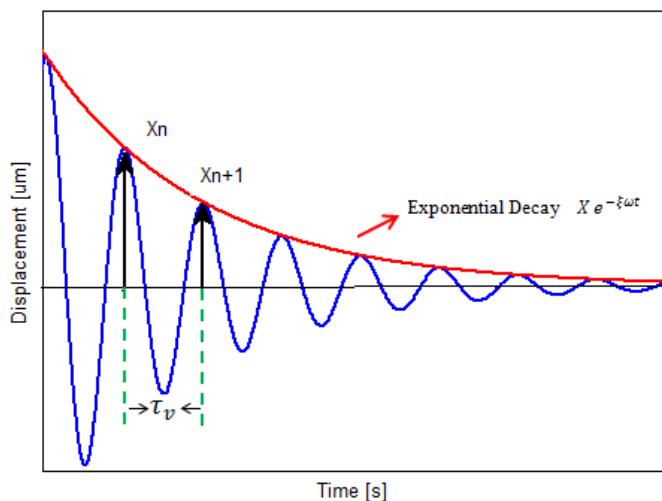
$$\xi = \frac{c}{c_c} \quad (3)$$

where  $\xi$  is damping ratio.

The damping ratio is often expressed as a percentage of the fraction of the critical damping value. The system is defined as underdamped which has non-real complex roots if  $\xi < 1$ , critically damped which has repeated real roots if  $\xi = 1$ , overdamped which the roots are both negative if  $\xi > 1$ .

## Motion Decay for the PEA

One of the most suitable methods of determining the damping ratio of a mechanical system is to measure the rate of decrease of the oscillation amplitude in the free vibrations of the system. The logarithmic decrement is expressed as the natural logarithm of the ratios of the amplitudes of the two successive cycles in the same direction of the damped free vibration (Fig.5) (Beards, 2003; Tse, Morse & Hinkle, 1978).



**Fig.5** Logarithmic Decrement

$$\Delta = \ln \frac{X_n}{X_{n+1}} \quad (4)$$

where  $X_n$  and  $X_{n+1}$  are successive amplitudes as shown.

If

$$X_n = X e^{-\xi\omega t}, \text{ then } X_{n+1} = X e^{-\xi\omega(t+\tau_v)} \quad (5)$$

where  $\tau_v$  is the period of oscillation.

$$\Delta = \ln \frac{X e^{-\xi\omega t}}{X e^{-\xi\omega(t+\tau_v)}} = \xi\omega\tau_v \quad (6)$$

then

$$\Delta = \frac{2\pi\xi}{\sqrt{1-\xi^2}} \quad (7)$$

If  $\xi < 1$

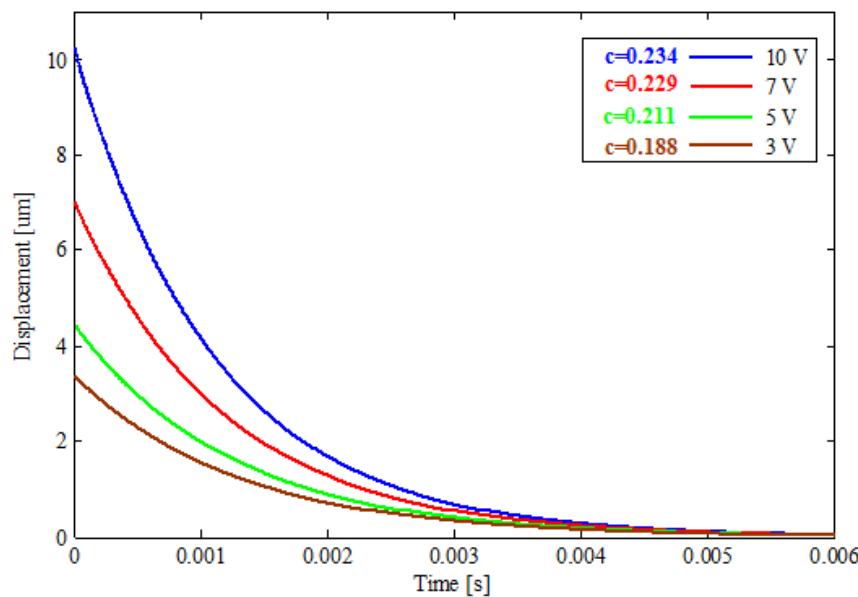
$$\Delta \cong 2\pi\xi \quad (8)$$

Now, we can write energy dissipated per one cycle as

$$\text{Energy Dissipation} = 1 - \left( \frac{X_{n+1}}{X_n} \right) * 100 \quad (9)$$

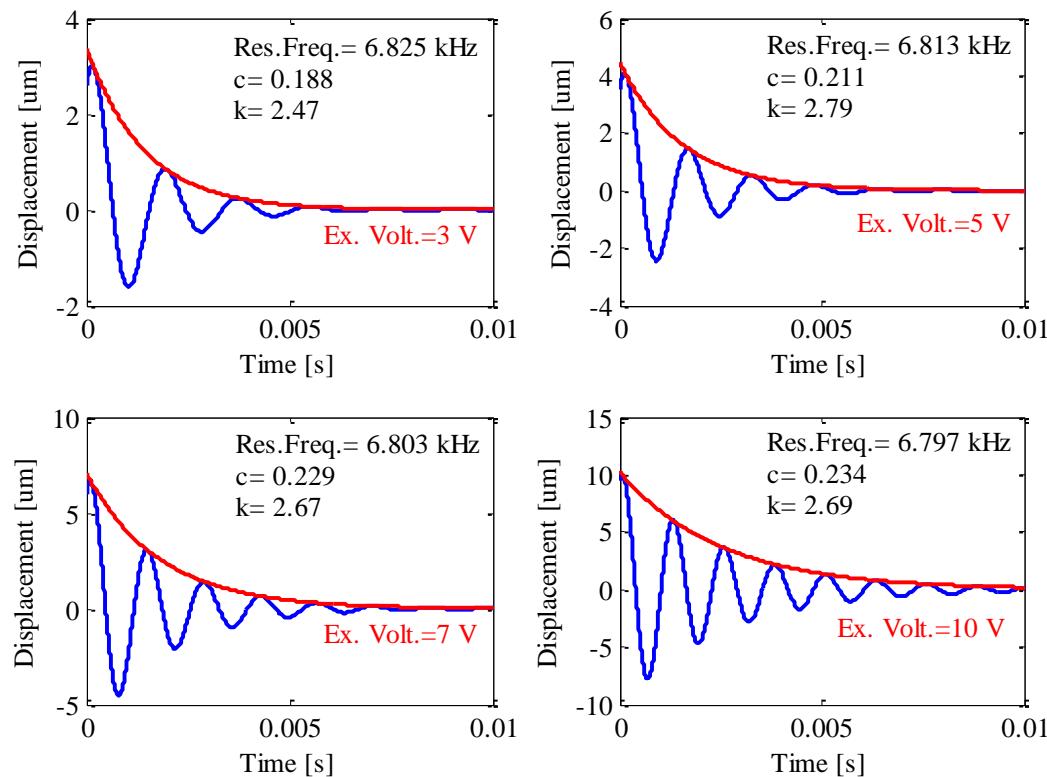
## RESULTS AND FINDINGS

The damping factor ( $c$ ) of the PEA is calculated by measuring displacements at excitation voltage amplitudes according equations (1-3). Fig.6 shows the displacement changes of the PEA depending on time.



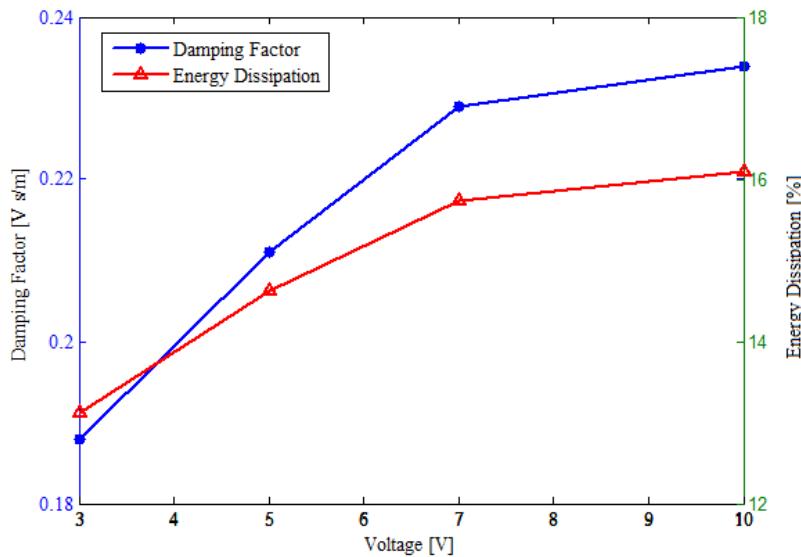
**Fig.6.** Damping factor changes of the PEA according to excitation voltages.

Changes on the oscillation displacement (or amplitude) in the free vibrations of the PEA are presented in Fig.7.



**Fig.7** Changes on the oscillation displacement in the free vibrations of the PEA.

The damping factor and the energy dissipation ratio changes of the PEA according to excitation voltages are showed in Fig.8.



**Fig.8** The damping factor and the energy dissipation ratio changes of the PEA according to excitation voltages.

Obtained all parameters of the PEA from experimental results are given in Table.2

**Table 2.** Determined all parameters of the PEA according to excitation voltages

Excitation Voltage (V)	Resonance Frequency (kHz)	Damping Factor	k-Stiffness (V/um)	Energy Dissip. Ratio (%)	Quality Factor
3	<b>6.825</b>	<b>0.188</b>	<b>2.47</b>	<b>13.12</b>	<b>89.22</b>
5	<b>6.813</b>	<b>0.211</b>	<b>2.79</b>	<b>14.63</b>	<b>79.36</b>
7	<b>6.803</b>	<b>0.229</b>	<b>2.67</b>	<b>15.73</b>	<b>72.99</b>
10	<b>6.797</b>	<b>0.234</b>	<b>2.69</b>	<b>16.11</b>	<b>71.42</b>

## CONCLUSION

In this study, all parameters such as resonance frequency, k- stiffness, c- damping factor, energy dissipation ratio, Q- quality factor of the PEA has been determined as experimental using digital measurement system based on the laser. Obtained experimental results provide to make some evaluations on dynamical behavior of the PEA. For this study, with rises of the excitation voltage, damping factor, and energy dissipation ratio values of the PEA increase while its resonance frequency, quality factor values decrease. Especially, the energy dissipation value of the PEA is reached to 16.11% at 10V excitation voltage. To define vibration characteristics of a PEA, it needs some mathematical models such as the equivalent circuit, spring model, finite element method, etc. Therefore, achieved experimental results is valuable not only the energy dissipation characterization of the PEA but also for its modeling under both linear and nonlinear working conditions.

## ACKNOWLEDGMENT



This study is supported by the Scientific Research Council of Celal Bayar University (Project No. 2015-127).

## REFERENCES

- Adams, V. & Askenazi, A. (1999). *Building better products with finite element analysis*. New York, NY: Cengage.
- Ajitsaria J. & Choe S.Y. & Shen D. & Kim D.J. (2007). Modeling and analysis of a bimorph piezo electric cantilever beam for voltage generation. *Smart Materials and Structures*, 16, 447–454.
- Anton, S.A & Sodano, H.A. (2007). A review of power harvesting using piezoelectric materials. *Smart Materials Structures*, 16, R1–R21.
- B, L. & Silva P.F. (2006). Estimating equivalent viscous damping ratio for RC members under seismic and blast loadings. *Mechanics Research Communications*, 33, 787–95.
- Beards, C.E. (2003). *Structural Vibration: Analysis and Damping*. Butterworth-Heinemann, First published 1996
- Beeby, S.P. & Tudor, M.J. & White, N.M. (2006). Energy harvesting vibration sources for microsystems applications. *Measurement Science and Technology*, 17, R175–R195.
- Blandon, C. (2004). *Equivalent viscous damping equations for direct displacement based design*. European School of Advanced Studies in Reduction of Seismic Risk- Rose School, Thesis
- Caliano, G. & Lamberti, N. & Iula, A. & Pappalardo, M. (1995). A piezoelectric bimorph static pressure sensor, *Sensors and Actuators A: Physical*, 46–47, 176–178.
- Dakua I. & Afzulpurkar N. (2013). Piezoelectric Energy Generation and Harvesting at the Nano-Scale: Materials and Devices. *Nanomaterials and Nanotechnology*, 3, Art 21.
- Finot, E. & Passian, A. & Thundat, T. (2008). Measurement of Mechanical Properties of Cantilever Shaped Materials. *Sensors (Basel)*, 5, 3497–3541.
- Gupta M.N. & Suman & Yadav S.K. (2014). Electricity Generation Due to Vibration of Moving Vehicles Using Piezoelectric Effect. *Advance in Electronic and Electric Engineering*, 4, 313–318.
- Kitagawa,Y. & Tamai, H. & Takeshita, M. (2004). Characteristics of Piezoelectric Dampers and Their Application to Tall Building as a Smart Structural System, *13th Word Conference on Earthquake Engineering* Vancouver, B.C., Canada, August 1-6.
- Law, H.H. (1996). Characterization of Mechanical Vibration Damping by Piezoelectric Materials. *Journal of Sound and Vibration*, 197, 489–513.
- Li, H. & Deng, Z.D. & Yuan, Y. & Carlson, T.J. (2012). Design parameters of a miniaturized piezoelectric underwater acoustic transmitter. *Sensors*, 12, 9098–9109.
- Nader,G. & Silva, E.C.N. & Adamowski, J.C.(2004). Effective Damping Value of Piezoelectric Transducer Determined by Experimental Techniques and Numerical Analysis. ABCM Symposium Series in Mechatronic, 1, 271–279.
- Norman, P. & Bäckström, M. & Rantatalo, M. & Svoboda, A. & Kaplan, A. (2006). A sophisticated platform for characterization, monitoring and control of machining. *Measurement Science Technology*, 17, 847–854.
- Park, S. & Yun, C.B. (2005). Health monitoring of steel structures using impedance of thickness modes at PZT patches. *Smart Structures and Systems*, 1, 339–353.
- Parali, L. & Pechousek, J. & Sabikoglu, I. & Novak, P. & Navarik, J. & Vujtek, M. (2016). A digital measurement system based on laser displacement sensor for piezoelectric ceramic discs vibration characterization. *Optik – International Journal for Light and Electron Optics*, 127, 84–89.



Parashar, S.K. & Wagner, U. & Hagedorn, P. (2013). Finite element modeling of nonlinear vibration behavior of piezo-integrated structures. *Computers and Structures*, 119, 37–47.

Sanni, A. & Vilches, A. & Toumazou, C. (2012). Inductive and ultrasonic multi-tier interface for low-power, deeply implantable medical devices. *IEEE Transaction on Biomedical Circuits and Systems*, 6, 297–298.

Silva C.W. (2007). *Vibration Damping, Control, and Design*. Mechanical Engineering Series:CRC Press.

Tse, F.S. & Morse, I.E. & Hinkle, R.T. (1978). *Mechanical Vibrations Theory and Applications*. Allyn and Bacon Series in mechanical engineering and applied mechanics.

Ying, Z.G. & Feng, J. & Ni, Y.Q. & Zhu, W.Q. (2011). Electric potential response analysis of a piezoelectric shell under random micro-vibration excitations. *Smart Materials Structures*, 20, 105029 (11pp).

Yong, Y.K. & Fleming, A.J. & Moheimani, S.O.R. (2013). A novel piezoelectric strain sensor for simultaneous damping and tracking control of a high-speed nanopositioner. *IEEE/ASME Transaction on Mechatronics*, 18, 1113–1121.

Zhen, S. & Chen, B. & Yuan, L. & Li, M. & Liang, J. & Yu, B. (2013). A novel interferometric vibration measurement sensor with quadrature detection based on 1/8 wave plate. *Optics & Laser Technology*, 42, 362–365.



## AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE DETERMINATION OF THERMAL CONDUCTIVITY, HEAT CAPACITY AND THERMAL DIFFUSIVITY OF A POROUS METAL FOAM

Ozkan KIREC

Mechanical Engineering Department, University of Gaziantep

[ozkankirec@gantep.edu.tr](mailto:ozkankirec@gantep.edu.tr)

Melda Ozdinc CARPINLIOGLU \*

Mechanical Engineering Department, University of Gaziantep

[melda@gantep.edu.tr](mailto:melda@gantep.edu.tr)

\* Corresponding Author

**ABSTRACT :** Porous metal foams are novel heat transfer surfaces with the potential use as heat sinks and heat exchangers. In the presented study, thermal characteristics of porous metal foams which are modeled as bulk micro-channel patterns in relevance to the material characteristics are the main topic of discussion given in this paper. An experimental investigation based upon a modeling approach through the measurements of local temperatures along the x-y-z axis of the porous copper foam samples was conducted. A variety of plate type copper foam samples with a size of 150 mm (L), 30 mm (W) and 3 mm, 4 mm, 5 mm (t) with 95 % porosity are tested and physical analysis is presented at heating surface temperatures of  $T_H = 50^\circ\text{C}$  for  $\Theta = 10 \text{ min.}$ . Effects of the cooling time is also given at  $T_H = 80^\circ\text{C}$  for  $\Theta = 10 \text{ min.}$  Time dependent thermal views of the samples are taken by usage of thermal imaging camera. Experimental results compared with copper foil reference items are presented to see the various effects of the porous medium on heat transfer. Scanning electron microscopy (SEM) device is used for analyzing the micro-structure of the samples. Local changing of the thermal conductivity,  $k$  heat capacity,  $C$  and thermal diffusivity,  $\alpha$  are calculated as a function of different parameters. The experimental results showed that,  $k$ ,  $C$  and  $\alpha$  values of the porous copper foams and copper foil reference items change between  $250 \text{ W/m.K} \leq k \leq 517 \text{ W/m.K}$  and  $40 \text{ W/m.K} \leq k \leq 120 \text{ W/m.K}$ ,  $250 \text{ J/K} \leq C \leq 710 \text{ J/K}$  and  $255 \text{ J/K} \leq C \leq 715 \text{ J/K}$ ,  $5 \text{ mm}^2/\text{s} \leq \alpha \leq 42 \text{ mm}^2/\text{s}$  and  $0.1 \text{ mm}^2/\text{s} \leq \alpha \leq 0.8 \text{ mm}^2/\text{s}$  depending on the  $T_H$ ,  $t$  and  $\Theta$ .

**Key words:** Copper Foam, Temperature, Porous Medium, Porosity, Thermal Conductivity, SEM

## INTRODUCTION

The concept of porous media is used in many areas of applied science and engineering. Using porous media to extend the heat transfer area, improve effective thermal conductivity, mix fluid flow and thus enhance heat transfer is an enduring theme in the field of thermal fluid science. According to the internal connection of neighbouring pore elements, porous media can be classified as the consolidated and the unconsolidated. For thermal purposes, the consolidated porous medium is more attractive as its thermal contact resistance is considerably lower. Especially with the development of co-sintering technique, the consolidated porous medium made of metal, particularly the metallic porous medium, gradually exhibits excellent thermal performance because of many unique advantages such as low relative density, high strength, high surface area per unit volume,



high solid thermal conductivity, and good flow-mixing capability [1] (Xu et al., 2011b). It may be used in many practical applications for heat transfer enhancement, such as catalyst supports, filters, biomedical implants, heat shield devices for space vehicles, novel compact heat exchangers, and heat sinks, et al. [2-5] (Banhart, 2011; Xu et al., 2011a, 2011b, 2011c). In the last decade, open cell metal foams both stochastic and periodic have been largely studied through experimentation and analysis. New and innovative heat transfer techniques are needed for heat transfer enhancement and pressure drop research and development studies.

In this view, porous metal foams are good candidate for these purposes. There are many studies to analyse the material characteristics of metal foams. Calmidi [6] proposed the use of cubic unit cell model to approximate the metal foam structure and proposed a relationship of pore diameter ( $d_{pore}$ ) as a function of porosity ( $\varepsilon$ ) and pore density (PPI).

Du Plessis et al. [7] presented a model for evaluating permeability (K) and inertia coefficient for metal foams which was derived by experimental results of foam samples of small pore size (45-100 PPI) and porosity of 0.973-0.978 with water and glycerol as fluid phase. Kurtbas et al. [8] conducted an experimental study for investigating the heat and exergy transfer characteristics of forced convection in a horizontal rectangular channel with inserted aluminum open cell metal foam under constant heat flux, using different pore densities (10, 20, 30 PPI).

They found that the aluminum open cell metal foam has a considerable effect on the thermal performance when they compare their results with the empty channel. Ghosh [9] performed a systematic study to give an overview related to heat transfer in a metal foam and asked “How good is open-cell metal foam as a heat transfer surface?”. In his study, the effect of area density as functions of pore size and strut diameter were discussed. He concluded that foams are a promising alternative for compact heat exchangers due to the ideal thermodynamic characteristics. Literature reviews show that there are very limited data and studies are available on thermal characteristics of porous copper foams. Performance of copper foams for heat transfer enhancement purposes should be studied.

As a result, analysis of micro / mini channels as porous structures are studied as a function of different parameters for future scopes of enhancing thermal performance of channels.

## EXPERIMENTAL METHODOLOGY

Porous Medium: Porous media with high thermal conductivity have emerged as an effective method of heat transfer enhancement due to their large surface area to volume ratio and to intense mixing of the flow. Porosity can be calculated depended of volume of both sample and solid [10] Kaviany :

$$\varepsilon = 1 - (V_{\text{solid}} / V_{\text{sample}}) \quad (1)$$

Use of porous metal foams in heat transfer applications is novel. Consequently, numerous investigations have been carried out on this subject in the recent past. For the experimental studies, different shapes, sizes and thicknesses copper foams are used as a test sample listed in the Table 1.



**Table 1. Properties of The Copper Foam Samples**

Shape	Dimension ( mm )	Porosity ( % )	PPI	Density (g/cm <sup>3</sup> )
Plate	150*30* 3	95	40	0.45
	150*30*4			
	150*30*5			

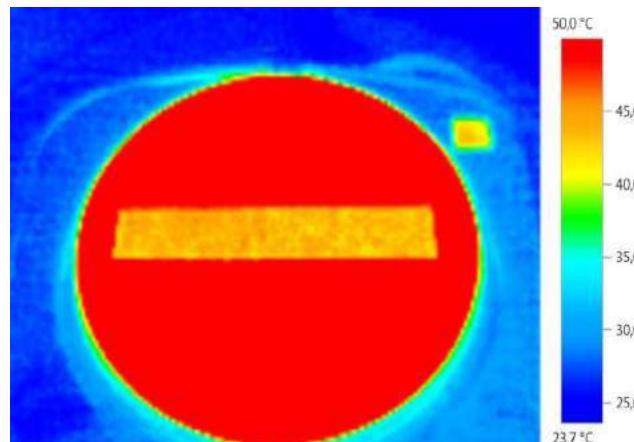
Copper foams are produced with specified dimensions and properties by manufacturing company, Beijing Shunyuan Wangda Trade Co., in China. To perform and analyze the local temperature variations in porous medium, a heater unit is used as a heat source.

Copper foams are located on it with different thicknesses. Heater temperatures ( $T_H$ ) are  $T_H = 50$  °C which are used as case temperatures to analyze the thermal characteristics of the copper foams. Thermal image views of the copper foams are taken periodically for  $\Theta = 10$  min. by Testo 875-2i thermal image camera and temperature variations along the selected region or directions are taken as a case measurement.

The thermal camera provides thermal imaging with a high level of thermal sensitivity, outstanding image quality and allowing hot and cold spots to be quickly visible. Hence, the smallest temperature differences can be seen. To describe the effects of the micro-structure of the copper foams on heat transfer performance, scanning electron microscopy (SEM) device is used. The key parameters for this research: heater temperatures, geometry of the copper foam samples, porosity, pore size and time periods.

### **Heating And Cooling Experiments**

Two different experiments are considered. These are called as heating and cooling experiments. In the heating experiments, test samples are located on to the heater unit with a specified  $T_H$  of 50 °C are shown in Figure 1 and are waited for  $\Theta = 10$  min. Thermal camera views of the test samples are taken at the end of the time period from the upper surface of the samples and also from the contact surfaces by reversing the sample upper surface. These thermal views are used for analysing the thermal behaviour of the test samples. In the cooling experiments, test samples' contact surfaces, which exposed to a  $T_H = 50$  °C through heating process for  $\Theta = 10$  min. time period, are located on reference plate of white paper at room temperature until the contact surface temperature comes to room temperature,  $T_R$  values. Thermal views of the contact surfaces are taken periodically for  $\Theta = 0, 3, 6$  and 10 min.



**Figure 1. Location of The Samples on The Heater Unit**

#### ***Temperature Measurements on The Tested Copper Foam Samples***

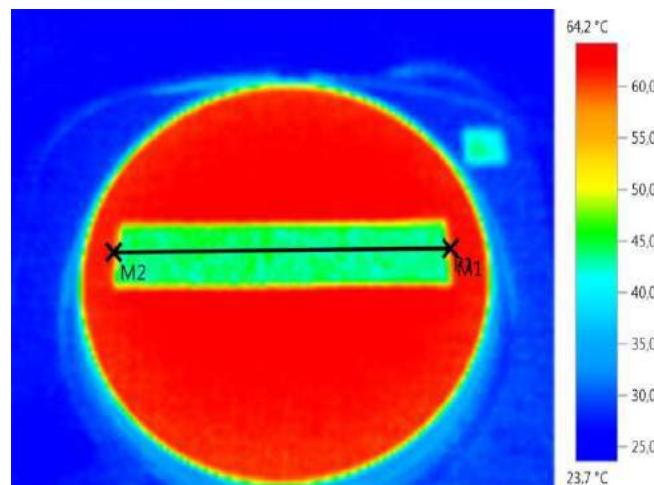
Defining the thermal characteristics of the porous copper foam materials along the all surface points, use of the temperature measuring device with high sensitivity plays important and critic role for certain and precise experimental results.

Settings of the thermal imaging camera with respect to material properties before taking the thermal views of the copper foams are also key points. Especially setting of the heater temperatures, emissivity value of the material, quality of the thermal views and correct position of the measuring device are also critical points for taking the correct results.

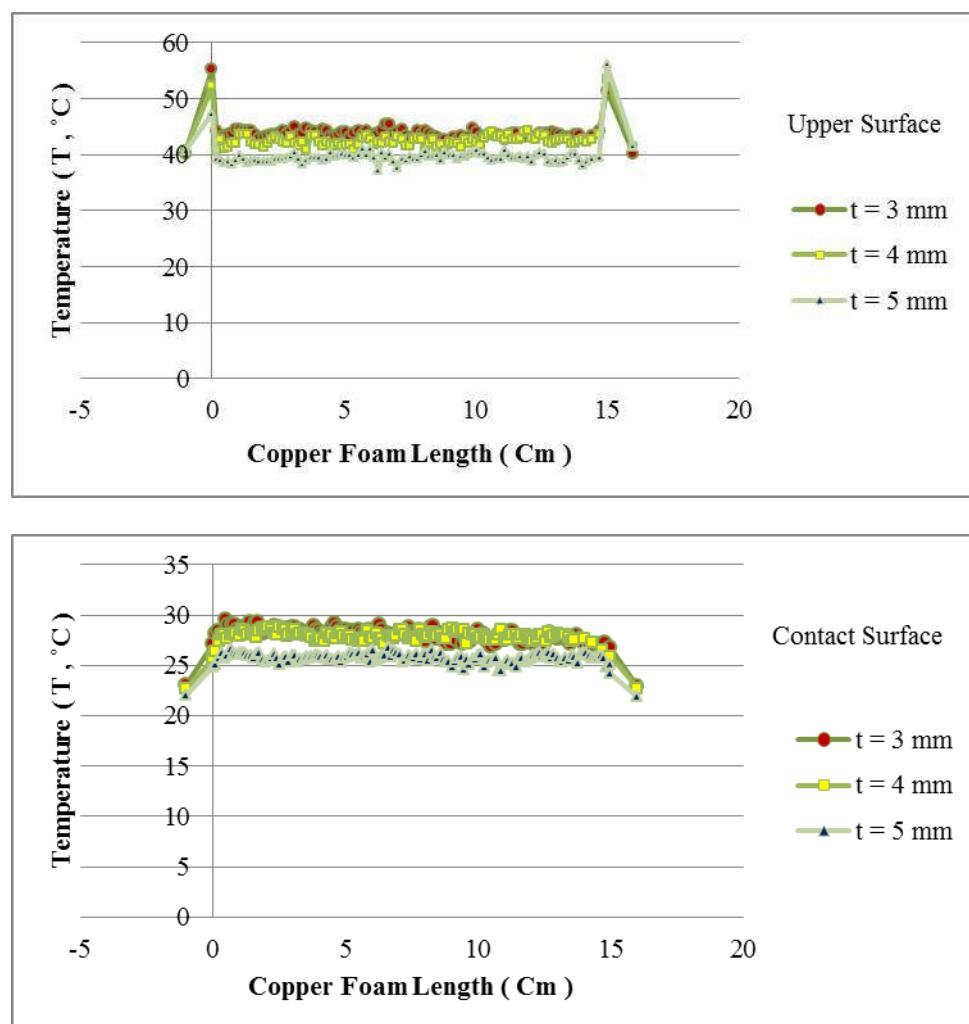
As a case study, plate type copper foam samples with different thicknesses,  $t$  which  $t = 3$  mm,  $t = 4$  mm and  $t = 5$  mm shown in the Figure 2, are arranged on heater surface at  $T_H = 50^\circ\text{C}$  for 10 min. and temperature variations on the upper and contact surfaces of the copper foams are measured by thermal camera instantly. Thermal camera focused precisely on copper foam material at same distance and position. Image clarity set by manually. After taking the thermal image views of the material, all image views are transferred to the computer for thermal analysis. Thermal images are analyzed with testo software program shown in the Figure 3. Thermal analysis results are given in the Figure 4.



**Figure 2. Plate Type Copper Foam Test Samples**



**Figure 3. Thermal View and Temperature Distribution of The Copper Foam Sample**



**Figure 4. Copper Foam Upper and Contact Surface Temperature Profiles**

It is seen from the Figure 4 that, upper surface temperature values of  $t = 5$  mm Cu foam sample are lowest compared with other sample thicknesses. Mean temperature values for  $t = 3$  mm Cu foam sample,  $42.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , for  $t = 4$  mm Cu foam sample,  $41.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  and for  $t = 5$  mm Cu foam sample,  $39\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Similarly, contact surface temperature values of  $t = 5$  mm Cu

foam sample are lowest compared with other sample thicknesses. Mean temperature values for  $t = 3$  mm Cu foam sample,  $28^{\circ}\text{C}$ , for  $t = 4$  mm Cu foam sample,  $27.9^{\circ}\text{C}$  and for  $t = 5$  mm Cu foam sample,  $25.7^{\circ}\text{C}$

### SEM Analysis of The Copper Foam Sample

Micro-structure of the copper foam from a heat transfer point of view, a scanning electron microscope (SEM) device is used. Micro-structure of the copper foam specimens observed at a wide range. Figure 5 and Figure 6 show the micro-structure of the copper foam material.

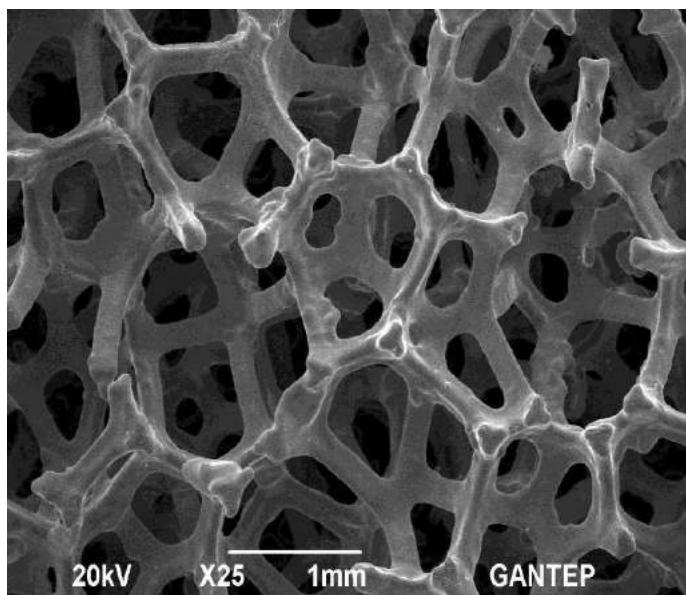


Figure 5. SEM Image of The Copper Foam

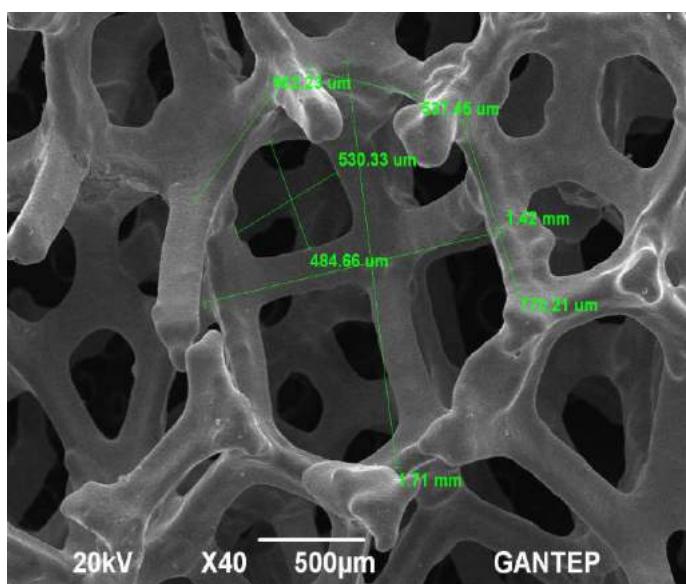


Figure 6. Unit Cell Image with Measured Dimensions

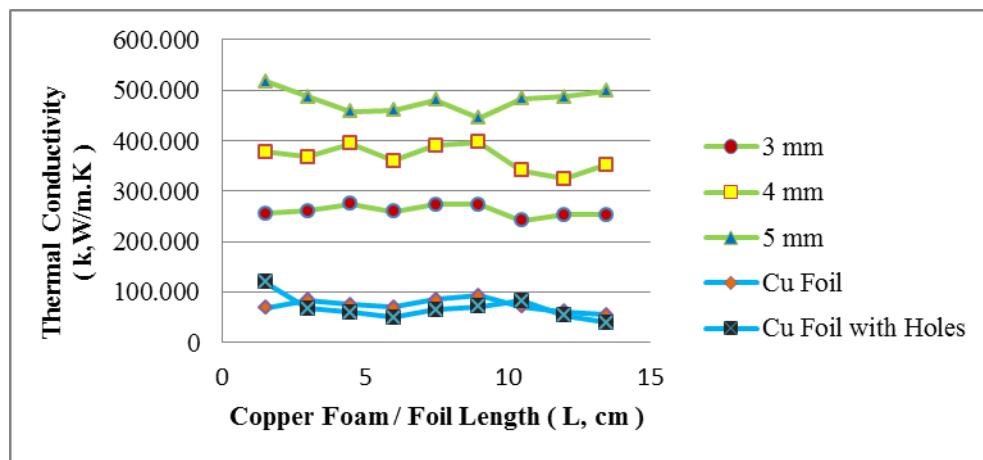
Scope investigations of the research listed as:

Effects of the micro-structure on heat transfer performance of the copper foam.

Observe and define the effects of pore shape, size, and directions on heat transfer  
Defining the thermal behaviour of the material by means of thermal conductivity and heat capacity as well as thermal diffusivity.

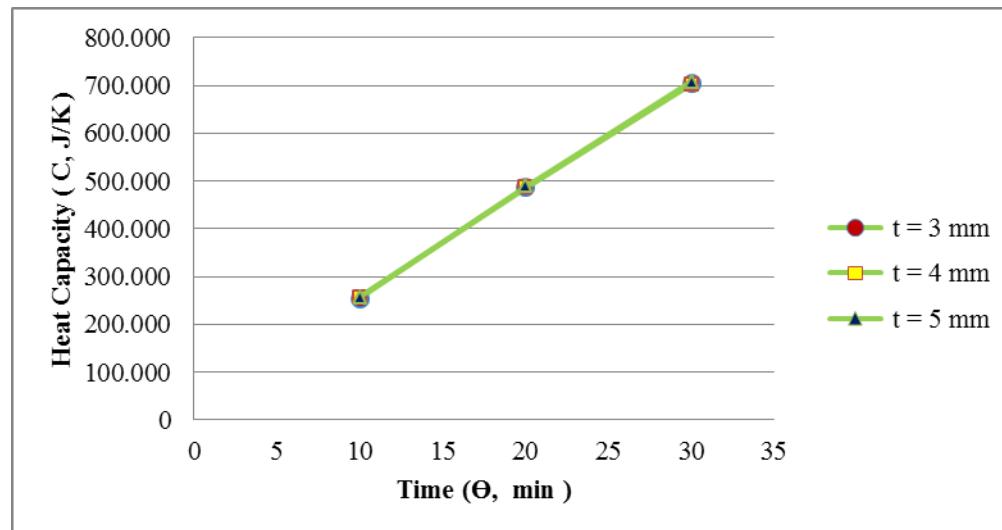
### THERMAL CHARACTERIZATION OF THE POROUS COPPER FOAM SAMPLES

Many different research groups have studied the heat transfer characteristics of these porous medium, experimentally and analytically. It is a widely held view that metal foams are still incompletely characterized because of their specific structure. The information repository is improving with time whereas the widespread use of the high porosity media in modern technological devices makes the need for fully characterizing them more urgent. Developments on this issue would certainly help engineering researchers, especially in terms of heat transfer [11,12]. In this study, thermal characteristics of the copper foam samples observed by means of thermal conductivity, heat capacity and thermal diffusivity. Changes of the  $k$ ,  $C$  and  $\alpha$  values of the Cu foam samples and Cu foil reference items at  $T_H = 50^\circ\text{C}$  for  $\Theta = 10 \text{ min}$ . are given in the Figures 7, 8 and 9.



**Figure 7. Variations of The Thermal Conductivity of The Cu Foams / Foil Samples at  $T_H = 50^\circ\text{C}$**

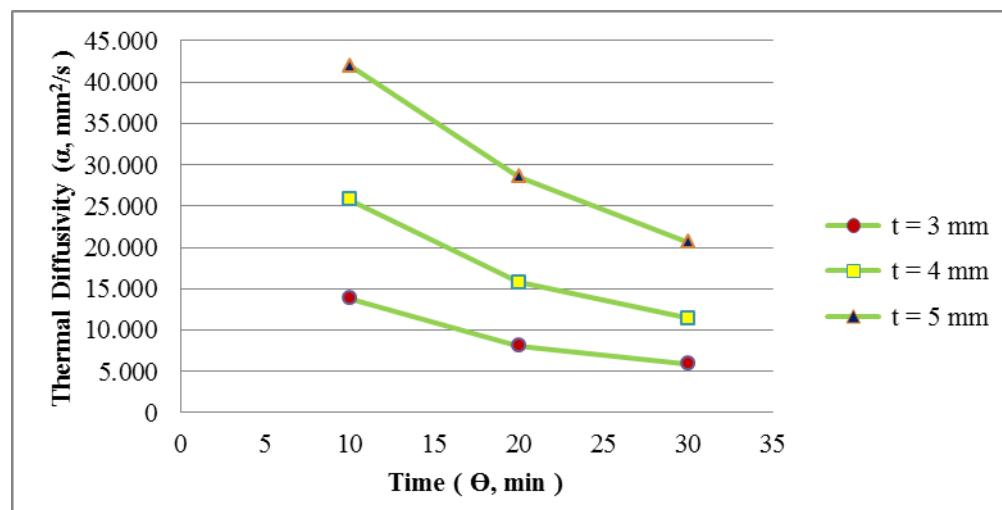
Results from the Figure 7 give some informations;  $k$  values of the Cu foam and Cu foil samples change from point to point and depend on the  $\Theta$  which can be seen along the surface. It is clear from the figures that if thicknesses of the Cu foam increase then  $k$  increases. This situation shows the effects of the porous medium on  $k$ . It is seen from the Figure 7 that,  $t = 5 \text{ mm}$  Cu foam sample has higher  $k$  than the other thicknesses of the samples. Values of the  $k$  change between the (250 W/m.K – 275 W/m.K) for 3 mm, (320 W/m.K – 400 W/m.K) for 4 mm and (440 W/m.K – 517 W/m.K) for 5 mm Cu foam sample. On the other hand, Cu foil reference samples  $k$  values change between the (50 W/m.K – 93 W/m.K) for Cu foil and (40 W/m.K – 120 W/m.K) for the Cu foil with holes.



**Figure 8. Time Dependent Heat Capacity Variations of The Cu Foams at  $T_H = 50^\circ\text{C}$**

As can be seen from the Figure 8 effects of the  $t$  are low for the specified  $T_H$ . Time dependent variations of  $C$  values of  $t = 3$  mm Cu foam sample change between  $254 \text{ J/K} \leq C \leq 704 \text{ J/K}$ ,  $250 \text{ J/K} \leq C \leq 703 \text{ J/K}$  for  $t = 4$  mm Cu foam and  $256 \text{ J/K} \leq C \leq 709 \text{ J/K}$  for  $t = 5$  mm Cu foam.

Heat capacity values of the porous copper foam samples change between  $250 \text{ J/K} \leq C \leq 710 \text{ J/K}$  and  $255 \text{ J/K} \leq C \leq 715 \text{ J/K}$  for copper foil reference item samples depending on the different parameters of  $T_H$ ,  $t$  and  $\Theta$ . Results show that there is a little difference between the test samples.



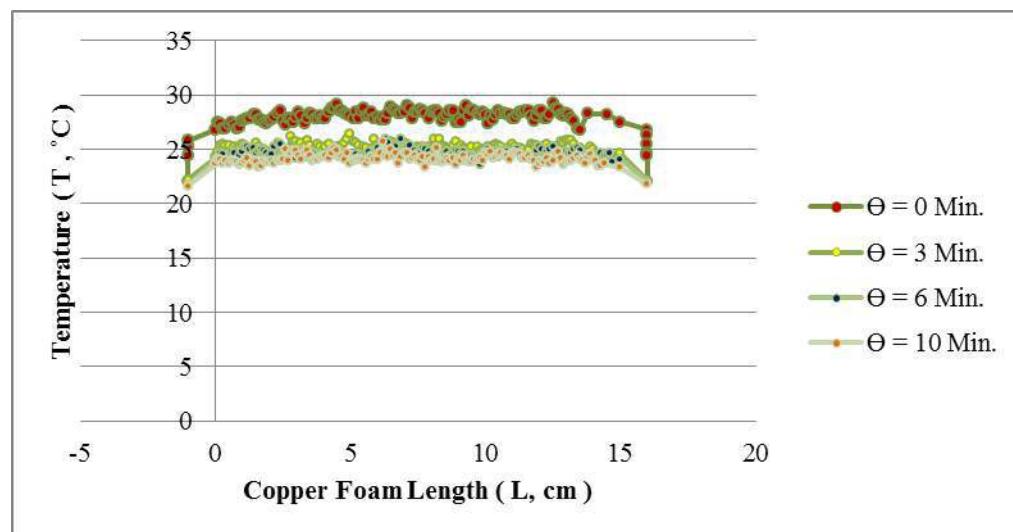
**Figure 9. Time Dependent Thermal Diffusivity Variations of The Cu Foams at  $T_H = 50^\circ\text{C}$**

Analysis results from the Figure 9 show that,  $\alpha$  values of the samples decrease depending on the  $\Theta$ .  $\alpha$  values of the 5 mm thickness Cu foam sample are higher than the other samples.  $\alpha$  values of the samples change between the  $5 \text{ mm}^2/\text{s} \leq \alpha \leq 14 \text{ mm}^2/\text{s}$  for  $t = 3$  mm,  $11 \text{ mm}^2/\text{s} \leq \alpha \leq 26 \text{ mm}^2/\text{s}$  for  $t = 4$  mm and  $20 \text{ mm}^2/\text{s} \leq \alpha \leq 42 \text{ mm}^2/\text{s}$  for  $t = 5$  mm at  $T_H = 50^\circ\text{C}$ .

As a result, thermal diffusivity of the porous copper foam samples change between  $5 \text{ mm}^2/\text{s} \leq \alpha \leq 42 \text{ mm}^2/\text{s}$  and  $0.1 \text{ mm}^2/\text{s} \leq \alpha \leq 0.8 \text{ mm}^2/\text{s}$  for copper foil reference item samples depending on the different parameters of  $T_H$ ,  $t$  and  $\Theta$ . These results show that speed of heat propagation inside the porous copper foam samples is much higher than the copper foil reference item samples.

### Effects of The Cooling Time

In order to define the cooling performance of the Cu foam samples, analysis of effects of the cooling times on thermal profiles of the tested Cu foam samples are presented. Test samples' contact surfaces, which exposed to  $T_H = 80 \text{ }^\circ\text{C}$  through heating process for  $\Theta = 10 \text{ min}$ , are located on reference plate of white paper as a cooling medium until the contact surface temperature comes to  $T_R$  values. Thermal views of the contact surfaces are taken periodically for  $\Theta = 0, 3, 6$  and  $10 \text{ minutes}$  for  $t = 3 \text{ mm}$  Cu foam sample and thermal profiles are shown and compared in Figure 10.



**Figure 10. Thermal Profiles of 3 mm Thickness Cu Foam Sample at  $T_H = 80 \text{ }^\circ\text{C}$  as a Function of  $\Theta$ .**

It is obvious from the Figure 10 that, thermal profiles of the samples show high temperature values at  $\Theta = 0 \text{ min}$ . After the 0.min, thermal profiles show near temperature values depending on the increasing  $\Theta$ .  $T_{m, contact}$  values for  $\Theta = 0, 3, 6$  and  $10 \text{ min}$ . are  $27.8 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $25.1 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $24.5 \text{ }^\circ\text{C}$  and  $24.1 \text{ }^\circ\text{C}$  for  $t = 3 \text{ mm}$  Cu foam sample.

Figure 11 through Figure 14 shows the thermal images of the contact surface of the sample as a case for  $\Theta = 0, 3, 6$  and  $10 \text{ min}$ .

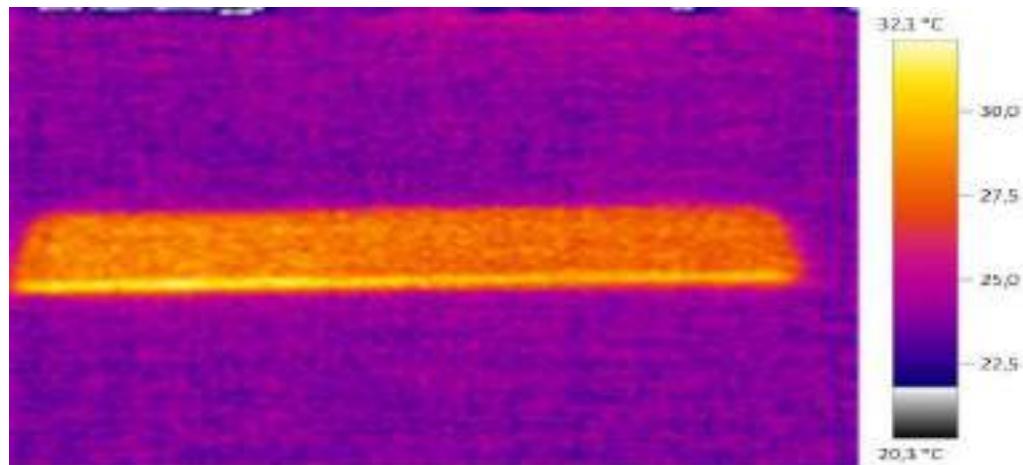


Figure 11. Thermal Image of The Test Sample For  $\Theta = 0$  min.

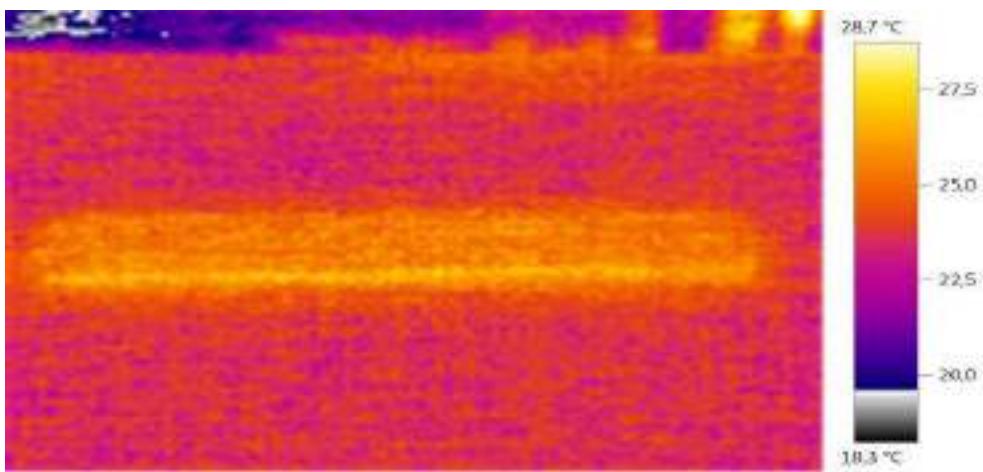


Figure 12. Thermal Image of The Test Sample For  $\Theta = 3$  min.

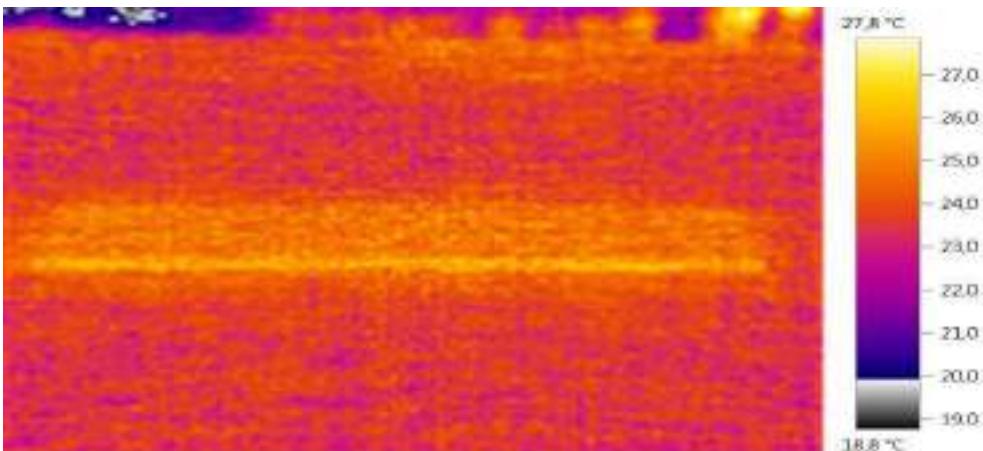
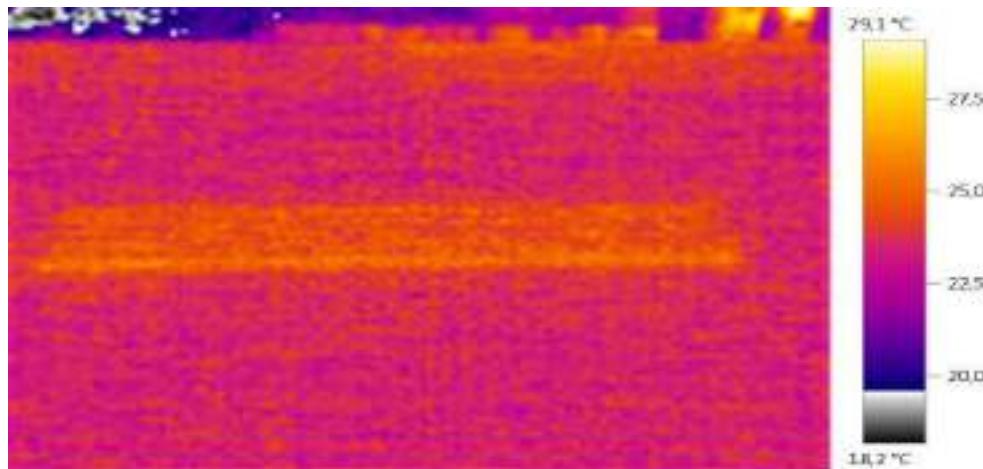


Figure 13. Thermal Image of The Test Sample For  $\Theta = 6$  min.



**Figure 14. Thermal Image of The Test Sample For  $\Theta = 10$  min.**

Thermal image views showed the time dependent heat transfer from the all surface of the sample. Analysis results gave information about the heat capacity properties of the sample. From the views and analysis, samples' contact surface temperature came to the surrounding temperature values in a short time.

## CONCLUSION

Heat transfer characteristics of porous metal foams are experimentally and theoretically investigated. Copper metal foams are selected for conducted studies. All thermal image analyses of the samples as a function of different parameters are presented in detail. In order to define the thermal characteristics of the copper foam sample, thermal conductivity, heat capacity and thermal diffusivity analyses are given for different cases. Experimental results show the effects of the porous medium on heat transfer.

The results revealed that, micro-structure of the porous medium can have a significant effect on heat transfer. Especially, particular attentions are given to define the thermal characteristics of the material for further heat transfer investigations in many engineering fields.

## RECOMMENDATIONS

Some suggestions are summarized and listed for future investigations :

Optimising the design and production of porous metal foam structures for enhancing the heat transfer in micro channel.

Investigating the effects of the micro / nano porous metal foams on heat transfer.

Defining the relationship between geometrical properties and optimal heat transfer.

Developing the new models to deal with the fluid and thermodynamic challenges for complex porous structures.

Defining the thermal and material characteristics of the porous mediums for different cases and applications.

Developing the innovative porous metal foams for maximizing the heat transfer, especially for solving the cooling problems in many engineering fields.



## REFERENCES

- [1] Xu, H.J.; Qu, Z.G. & Tao, W.Q. (2011b). Thermal Transport Analysis in Parallel-plate Channel Filled with Open-celled Metallic Foams. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, Vol.38, No.7, (August 2011), pp. 868-873, ISSN 0735-1933
- [2] Banhart, J. (2001). Manufacture, characterisation and application of cellular metals and metal foams, *Progress in Materials Science*, Vol.46, No.6, (2001), pp. 559-632, ISSN 0079- 6425
- [3] Xu, H.J.; Qu, Z.G. & Tao, W.Q. (2011a). Analytical Solution of Forced Convective Heat Transfer in Tubes Partially Filled with Metallic Foam Using the Two-equation Model. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 54, No.17-18, (May 2011), pp. 3846–3855, ISSN 0017-9310
- [4] Xu, H.J.; Qu, Z.G. & Tao, W.Q. (2011b). Thermal Transport Analysis in Parallel-plate Channel Filled with Open-celled Metallic Foams. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, Vol.38, No.7, (August 2011), pp. 868-873, ISSN 0735-1933
- [5] Xu, H.J.; Qu, Z.G.; Lu, T.J.; He, Y.L. & Tao, W.Q. (2011c). Thermal Modeling of Forced Convection in a Parallel Plate Channel Partially Filled with Metallic Foams. *Journal of Heat Transfer*, Vol.133, No.9, (September 2011), pp. 092603.1-092603.9, ISSN 0022- 1481
- [6] V.V. Calmudi, Transport Phenomena in High Porosity Metal Foams (Ph.D. Thesis), University of Colorado, Boulder, CO, 1998.
- [7] P. Du Plessis, A. Montillet, J. Comiti, J. Legrand, Pressure drop prediction for flow through high porosity metallic foams, *Chem. Eng. Sci.* 49 (1994) 3545e 3553.
- [8] I. Kurtbas, N. Celik, I. Dinçer, Exergy transfer in a porous rectangular channel, *Energy* 35 (2010) 451.
- [9] I. Ghosh, How good is open-cell metal foam as heat transfer surface, *Trans. ASME: J. Heat Transfer* 131 (2009) 101004-1–101004-8.
- [10] M. Kaviany, Principles of Heat Transfer in Porous Media, 2nd Edition, Springer, New York, 1995.
- [11] N. Dukhan, K.C. Chen, Heat transfer measurements in metal foam subjected to constant heat flux, *Exp. Therm Fluid Sci.* 32 (2007) 624–631.
- [12] N. Dukhan, P.D. Quiñones-Ramos, E. Cruz-Ruiz, M. Vélez-Reyes, E.P. Scott, One dimensional heat transfer analysis in open-cell 10-ppi metal foam, *Int. J. Heat Mass Transfer* 48 (2005) 5112–5120.





## PHARMACOPHORE MODELING FOR DESIGN OF MULTI-TARGET CAs INHIBITORS

Nur Gürel, Gaziantep University, Institute of Health Sciences, Department of Bioinformatics and Computational Biology, [nurrgurell@gmail.com](mailto:nurrgurell@gmail.com)

Fatih TOK<sup>a</sup>, Sevda TÜRK<sup>a</sup>, Sevgi KARAKUŞ<sup>a</sup>, Tugba TASKIN-TOK<sup>b</sup>, Bedia KOCYIGIT-KAYMAKCIOLU<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Marmara University, Faculty of Pharmacy, Department of Pharmaceutical Chemistry, İstanbul, Turkey

<sup>b</sup>Gaziantep University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Chemistry, Gaziantep, Turkey; [ttaskin@gantep.edu.tr](mailto:ttaskin@gantep.edu.tr)

**ABSTRACT:** Pharmacophore modeling is a successful yet very diverse subfield of computer-aided drug design. The concept of the pharmacophore has been widely applied to the rational design of novel drugs. In this paper, we review the computational implementation of this concept and its common usage in the drug discovery process. Carbonic anhydrases (CAs) are zinc containing metalloenzymes including sixteen different isoforms. These enzymes differ in their subcellular localization, catalytic activity and susceptibility to different classes of inhibitors. The previous studies have also indicated that the CA I and II levels were also higher in several cancer types, such as higher cytosolic erythrocyte levels in stomach, prostate, lung and ovary tumors; also in hematological diseases such as leukemia. In addition, CA II has come to the forefront by being expressed in the endothelium of neovessels in some cancer tissues, including melanoma, esophageal, renal cancers. Therefore, it is aimed to investigate and design reliable and potential carbonic anhydrase inhibitors against to multi target; CA I and II by using biological data from our team for treatment of cancer.

**Key words:** Carbonic anhydrase, cancer, urea and thiourea, pharmacophore model.

### GİRİŞ

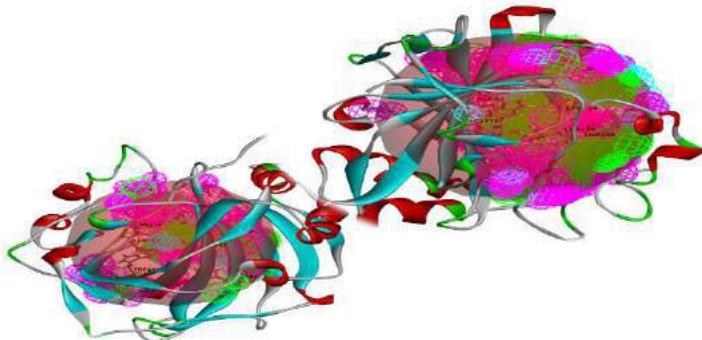
Structure-based pharmacophore modeling has been successfully applied to designing of novel drugs with potent biological activity to many therapeutic areas. Structure-based pharmacophore models are generated by extracting the interaction between a protein and its ligand, which enables medicinal chemists to design new sets of ligands with the potential to be specific and potent drugs. Computational applications and molecular modeling help researchers to utilize their knowledge obtained from recent advances in bioinformatics to describe biological interactions and diseases. As known that complexity of biological systems currently being studied will progressively demand molecular modeling techniques that can applied to worthily design and interpret the experimental studies.

## METHODS

The inhibitors including urea and thiourea groups are drawn and optimized by using Gaussian 09 program. After this step, pharmacophore analyses in Discovery Studio software are performed to define pharmacophore model for the multi target biological system.

## RESULTS

Pharmacophore features (Figure 1) and models were determined from a set of inhibitors in accordance with the obtained activity values.



**Figure 1:** Pharmacophore features of active sites for CA I and II.

## CONCLUSIONS

Multi-target inhibitors for CA I and II enzymes are going to be experimentally designed and studied to treatment of cancer.

## REFERENCES

- Arslan A, Demir H, Arslan H. (2013) Investigating catalase and carbonic anhydrase enzyme activities and levels of certain trace elements and heavy metals in patients with primary and metastatic hepatic carcinoma. *J Cancer Ther.*; 4: 1373-1381.
- Dassault Systèmes BIOVIA. (2016). Discovery Studio Modeling Environment, Release 2017, San Diego: Dassault Systèmes.
- Gaussian 09, Revision E.01, Frisch, M. J.; Trucks, G. W.; Schlegel, H. B.; Scuseria, G. E.; Robb, M. A.; Cheeseman, J. R.; Scalmani, G.; Barone, V.; Mennucci, B.; Petersson, G. A.; Nakatsuji, H.; Caricato, M.; Li, X.; Hratchian, H. P.; Izmaylov, A. F.; Bloino, J.; Zheng, G.; Sonnenberg, J. L.; Hada, M.; Ehara, M.; Toyota, K.; Fukuda, R.; Hasegawa, J.; Ishida, M.; Nakajima, T.; Honda, Y.; Kitao, O.; Nakai, H.; Vreven, T.; Montgomery, J. A., Jr.; Peralta, J. E.; Ogliaro, F.; Bearpark, M.; Heyd, J. J.; Brothers, E.; Kudin, K. N.; Staroverov, V. N.; Kobayashi, R.; Normand, J.; Raghavachari, K.; Rendell, A.; Burant, J. C.; Iyengar, S. S.; Tomasi, J.; Cossi, M.; Rega, N.; Millam, J. M.; Klene, M.; Knox, J. E.; Cross, J. B.; Bakken, V.; Adamo, C.; Jaramillo, J.; Gomperts, R.; Stratmann, R. E.;



Yazyev, O.; Austin, A. J.; Cammi, R.; Pomelli, C.; Ochterski, J. W.; Martin, R. L.; Morokuma, K.; Zakrzewski, V. G.; Voth, G. A.; Salvador, P.; Dannenberg, J. J.; Dapprich, S.; Daniels, A. D.; Farkas, Ö.; Foresman, J. B.; Ortiz, J. V.; Cioslowski, J.; Fox, D. J. Gaussian, Inc., Wallingford CT, 2009.

Sakkiah S, Thangapandian S, John S, Lee KW. (2011). Pharmacophore based virtual screening, molecular docking studies to design potent heat shock protein 90 inhibitors. European Journal of Medicinal Chemistry 46: 2937–2947.

Supuran C.T., Scozzafava A., Casini A . (2003). Carbonic anhydrase inhibitors, *Med. Res. Rev.*; 23:146-189.

Türk S, Tok F, Çelik H, Karakuş S, Nadaroğlu H, Koçyiğit-Kaymakçıoğlu B, Küçükoğlu K. Some N-(5-methyl-1,3,4-thiadiazol-2-yl)-4-[(3-substituted) ureido/thioureido]benzenesulfonamides as carbonic anhydrase I and II inhibitors. (2017) Marmara Pharm. J., 21, 89-95.



## EFFECT OF ARTIFICIAL AGING ENVIRONMENT ON MECHANICAL PROPERTIES OF COMPOSITE MATERIALS

Efe Çetin YILMAZ\*

Department of Technical Science of Pasinler Vocational School, Ataturk University  
Turkey  
[efecetinyilmaz@msn.com](mailto:efecetinyilmaz@msn.com)

Recep SADELER

Department of Mechanical Engineering of Engineering Faculty Ataturk University Turkey  
[receps@atauni.edu.tr](mailto:receps@atauni.edu.tr)

\*Corresponding Author

**ABSTRACT:** The purpose of this study was to evaluate the Vicker's hardness and surface roughness of eight different composite materials immersed artificial saliva and distill water. Five standardized disc shape specimens (2mm diameter X 2mm height) were prepared from eight composite materials (Grandio, Estelite Flow, Filtek Bulk-fil, Charisma, Clearfil, Ultimate, Quadrant and G-aenial for each artificial aging environment. Specimens were immersed during 7, 90 and 180 days in artificial saliva and distill water at 37 °C respectively. The Vicker's hardness and surface roughness values of the samples were measured after each artificial aging period. Mean values and standard deviations were calculated and statistical analysis was performed using one-way ANOVA. In this study Vicker's hardness and surface roughness values of all samples significantly increased after both in artificial saliva and distill environment 7 days aging period. In this study, suggested the similar to mechanical behavior of the bulk-fill and resin-based composite materials both artificial saliva and distill aging periods. However, in this study no linear relationship was found between filler volume and surface roughness both in artificial saliva and distill aging environment.

**Keywords:** Artificial aging, Composite Materials, Surface roughness, Hardness



## DESIGN OF WIRELESS PATIENT MONITOR

Prof.Dr.Nuran DOĞRU  
[dogru@gantep.edu.tr](mailto:dogru@gantep.edu.tr)

Saygin Siddiq Ahmed  
Ph.D. Research at Gaziantep University  
[saygin.basha@gmail.com](mailto:saygin.basha@gmail.com)

Mohammed Safar  
M.S.c. Research at Gaziantep University  
[mehmet.sefer.ms@gmail.com](mailto:mehmet.sefer.ms@gmail.com)

Kaleid Waleed Abid  
Renewable Energy Research Center, University of Anbar, Iraq.  
[kaleidwaleedabid@gmail.com](mailto:kaleidwaleedabid@gmail.com)  
ka68540@mail2.gantep.edu.tr

**ABSTRACT:** This paper presents the design of a wireless patient monitor to measure ECG signal. The proposed monitor consists of PIC16F876A microcontroller by wireless HMTR433-RS232 and transceiver unit (RF-module protocol). ECG signals are first sampled by a small portable device then the captured signals are wirelessly transmitted to PC and finally it can be sent to a healthcare network through internet. This remote monitoring provides safe, low cost, and low-power electrocardiogram. The system is also able to decrease patient waiting time in a clinic as well as reducing the work load of the physician.

**Keywords:** Electrocardiogram (ECG) signals, wireless monitoring, healthcare

## INTRODUCTION

Health care is one of the primary concerns in one's life. Recently, the wireless network technology has become important in healthcare as result of the aging population and tendency to acquire chronic disease such as heart attack [1-2]. A large number of the elderly people stay in hospital is not that he or she needs active medical care. Emergency admissions and long lengths of stay have become extremely costly. Therefore, avoiding long lengths of stay in hospital and acute admission have become important. Here, we describe a system that would significantly reduce to lengths of stay among those patients that need only medical requirements for continual monitoring.

The Electrocardiogram (ECG) is an essential diagnostic tool for recording the electrical activity of the heart. A wide range of heart conditions can be detected when interpreting the recorded ECG signals. These qualities make the ECG a perfect instrument for patient monitoring and supervision. Recently, there has been an increased interest in using body area networks (BANs) for health monitoring. With the future development of digital signal processing (DSP) technology, however, evolved enormously of medical monitors, and use all current models are digital, which also has the advantages of miniaturization and portability [3,4]. Wireless patient monitoring has become a more established new technology and a natural step in this progress is to develop a reliable ECG system that

contributes to the cable reduction in medical and physiotherapy environments [5]. In this paper, a wireless patient monitor is designed to measure ECG signals. Firstly, ECG signals are detected, amplified, digitized and wirelessly transmitted to PC. A Visual basic programming is installed in the PC to display the waveforms. This data can be sent to a healthcare network through internet. Proposed portable device has some benefits such that low cost, low-power electrodiagram, decreasing patient waiting time in a clinic as well as reducing the work load of the physician.

## 2. Materials and Methods

In this section, a prototype wireless ECG system will be developed. Firstly, hardware implementation and then software design will be presented.

### 2.1 Hardware

As shown in figure 1 a block diagram of wireless ECG module is implemented by using a custom developed ECG amplifier with low pass filter and a low power microcontroller board. Low pass filter eliminates high and undesirable frequencies. Voltage regulator is used to provide required power and stability. Analog-to-digital converter within the microcontroller is used for sampling ECG signals. ECG module has ultra low power microcontroller PIC 16F876A, a radio interface in the 433 MHz band, and RF module antenna with 50 m range indoors/100m range outdoors. The ECG module of a wireless occurs by using a custom developed ECG amplifier together with a low power microcontroller board (microcontroller pic 16f876a). Since the device needs a power and stability, voltage output was used during circuit voltage regulator. Output ECG is an analog computer deals with the numeric digital introduction. So it requires a circuit to convert the analog to digital.

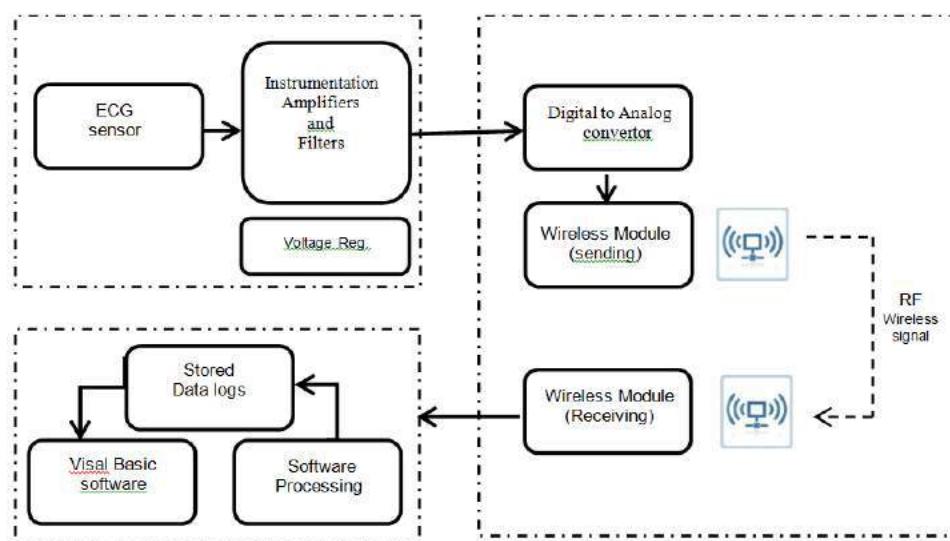


Fig.1 Block diagram of wireless ECG module

A custom made device (2-lead have ECG amplifier) figure 2 [3] each channel has gain of 500, the coupled DC and band limited to 100 Hz. The ECG amplifier has high common mode rejection (>90dB) ; the impedance of high input (>10 MΩ) and cause fully floating of patient inputs. Figure 3 shows the designed ECG amplifier board which included and applied in the present study.

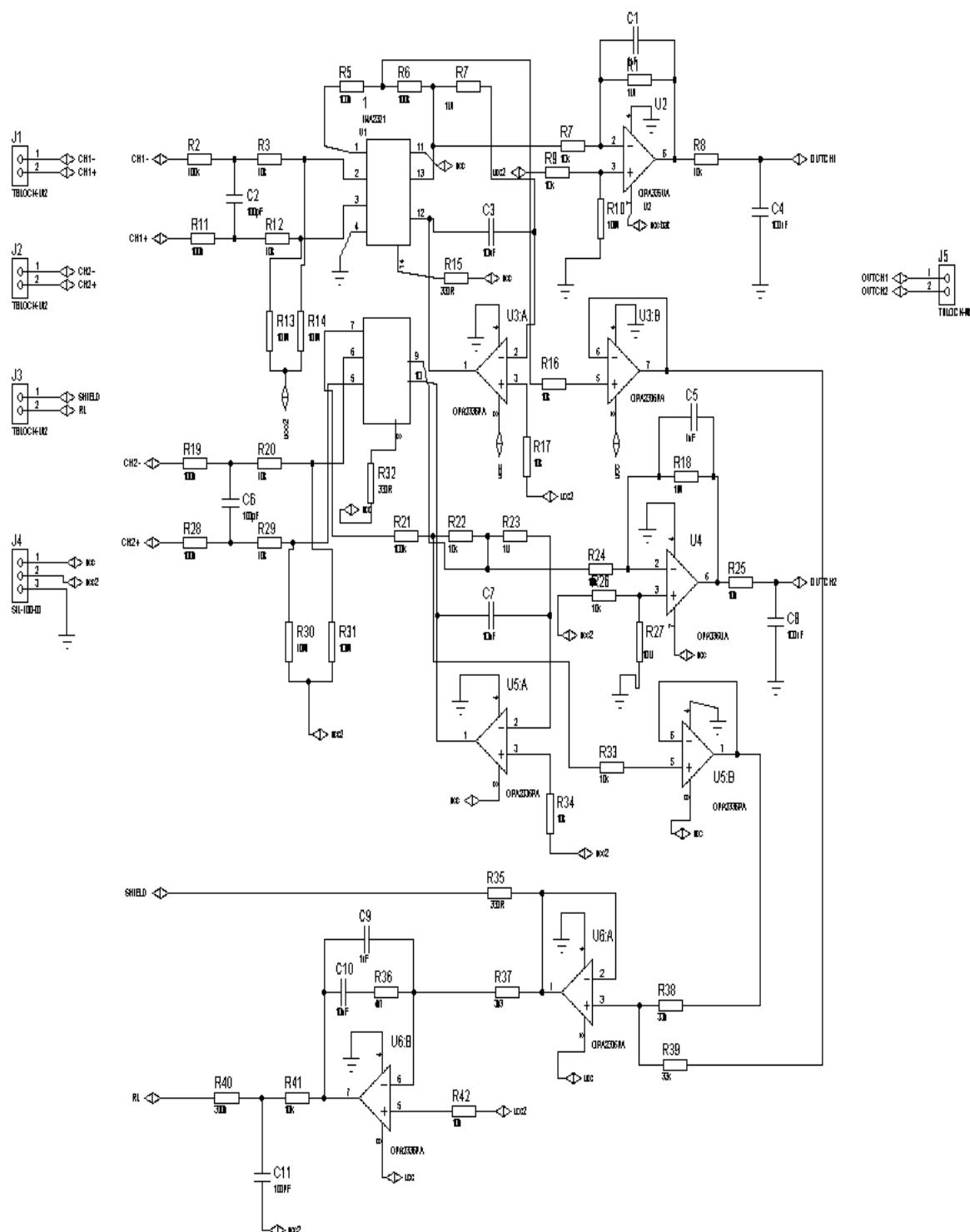


Fig. 2 – ECG amplifier – schematic

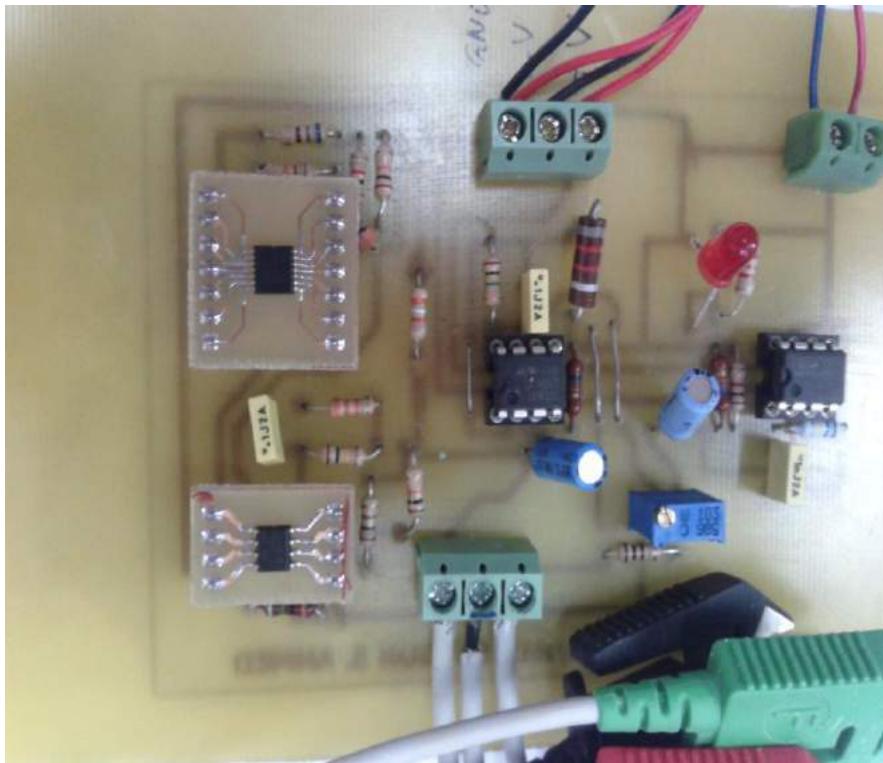


Fig. 3 ECG amplifier board ( a designed and applied board of this study)

## 2.2 Differential Amplifiers

Differential amplifiers are used to have a good signal to noise ratio. The circuit has a good common mode rejection because of the output is proportional to difference between two voltages. To avoid the limitation of the differential amplifier's performance, a dual instrumentation amplifier incorporated in place of the differential amplifier. The impedance between pins 1, 12, and 13 (or 7, 9 and 10), internally set gain of 5 per amplifier is determines the gain of the INA2321, the gains greater than 5 with gain error guaranteed can be programmed to be less than 0.1%. External resistors errors add directly to the guaranteed error, the error source might become dominant. The circuit of gain in 10 was chosen for this stage. The diodes ESD will conduct if the input voltages exceed the power supplies by more than 500 mV protect the INA2321 inputs. Moment voltage is greater than 500 mV beyond the power supply can be tolerated if the current through the input pins is limited to 10 mA. This is simply carried out by input resistors (100K).

## 2.3 Operational Amplifier

The operational amplifier used in the circuit OPA2366 of the right-leg common-mode feedback, which is a dual amplifier. This circuit sends inverted version to common-mode interference to right leg of patient's in order to cancel the interference and protect signals from leads by shielding the signal cable. The main purposes of OPA2366 use are low power ,low voltage, low noise(73dB),single supply 2.3v to 3.6v,1volt to 3.6 voltage digital output supply, and sleep mode with 0.1 $\mu$ A typical supply current.

## 2.4 Voltage Regulator

The ECG amplifier is powered by two batteries through the voltage regulator. The consists of this circuit completely of two similarly stages for the DC voltage regulator by using an integrated circuit of the type LM78XX .The ECG amplifier need to 9 volt an additional



small standard voltage regulator (LM78XX). The regulator is built LM 78XX circuit and the circuit shown in the figure 4. The LM 78XX regulated charge pumps that generates a  $9V \pm 5\%$  output voltage from a 11.5 V to 23 V input voltage. The device is typically powered by Alkaline, NiCd, or NiMH battery cells and operates down to a minimum supply voltage of 7.7 V.

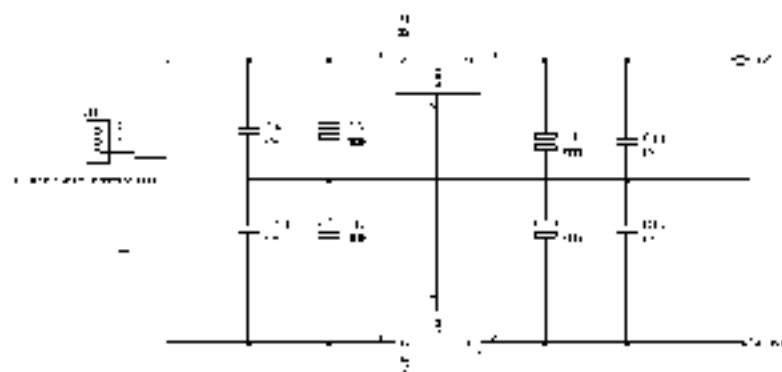


Fig.4 Voltage regulator – schematic.

## 2.5 The Gain Circuitry

The ECG signal is  $V_{p,p}$  from the user is about 1.6mV. The  $V_{p,p}$  Several gain stages was added to fully utilize the rail levels (set to  $-4.5V$ ,  $4.5V$  by our power supply). Due to the fact the initial low level of the signal, noise was a major issue. Less noise affects the input signal that is used by the patient. The input signals directly with a scope, the signal would look indistinguishable from the scope readout with nothing connected up to its probes. On account of this problem a differential amplifier was used, which allows to ignore effectively the common signal between the negative and positive leads from the user (the common signal being the less noise). A INA2321 Burr-Brown, low-power instrumentation amplifier was used. we aimed to set to ten by a resistor ( $5.55k$ ) in the stage with single-ended output. A simple RC high-pass filter was used to block any DC bias.

## 2.6 Microcontroller

The microcontroller which was used in this application was a PIC16F876A (figure 5) and it is responsible for converting of analog to digital (ADC), data packaging and transceiver. The main features of used microcontroller are:

- Synchronous Serial Port with SPI
- In circuit programming via RS232
- 10 bit ADC
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (USART)
- Low operating current  $< 0.6$  mA
- 3 timers
- Simple (35 single word instructions to learn)

## 2.7 Programming the PIC 16f877A

The amplifier ECG signal is fed into the on-board ADC of the PIC. The PIC provides 10-bit resolution . Each of three analog leads had their own ADC channel and are sampled sequentially in figure 5. A designed and applied analog to digital conversion board is demonstrated in Figure 6 .

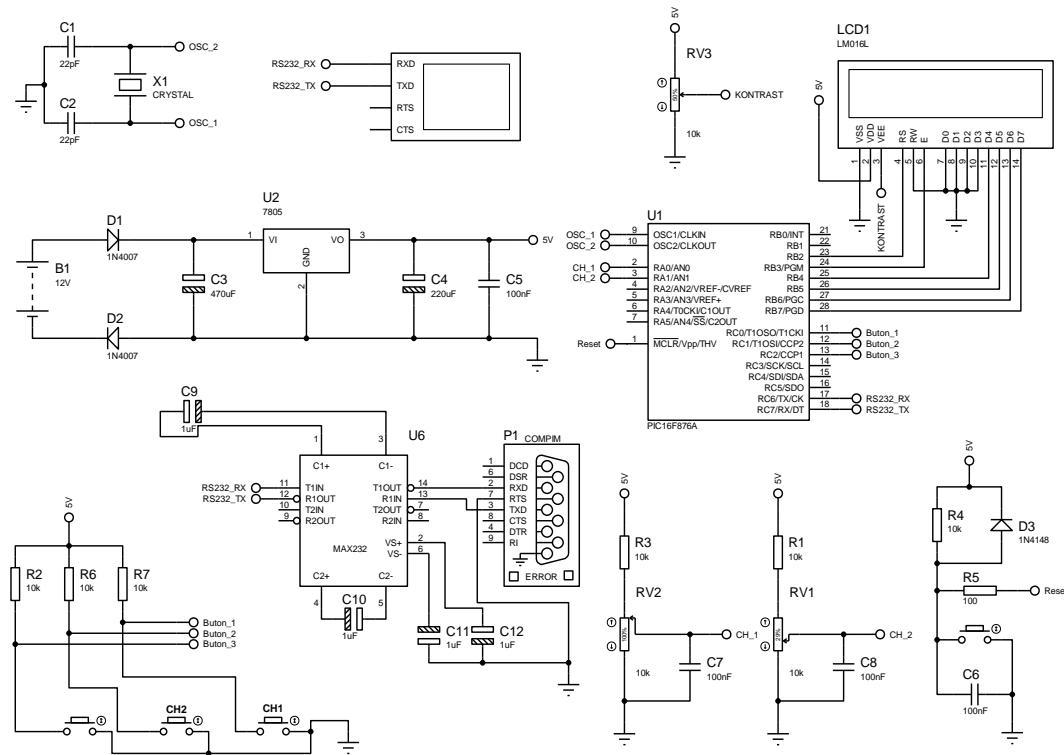


Fig. 5 Analog to digital convertor - schematic



Fig.6 PIC 16F876A analog to digital conversion board with the RS232 module

### 3. Software Design



The software program is based on the design of two parts. First , to get a ECG signal with in the Micro Controller PIC16F876a, and the second was used the interface a Graphic Unit Interface by the patient.

### 3.1 Software Microcontroller

The case Calculation of method consists of each minute of a cardiovascular of person. Needed to amplify the signal and step filtration devices to eliminate the noise. Has been investigated several algorithms to choose the method for the microcontroller is best fit [6, 7]. The pulse of QRS can be detected his higher energy heart and pulse can be detected all branches of 5 to 6 zeros crossing signal. The statistical computation is taken by reference value. The heart rate in normal adult is 70 and 90 beats in range , but the enfant range is 100 and 170 beats per minute in at rest[8].

### 3.2 HM-TR Transparent Wireless Data Link - 433MHz - RS232 Interface

The New standard RS232 is important in connection transparent the wireless data when link is module . the inexpensive unit is compact for direct connection to the computer system or may be through a control system for wireless data transmissions between the two points. The high accurate of unit features and reliable data transmission methods with high data rates and large transition range. Data formats and data rates can set with window software. The directly connects to computer with standard RS232 interface. The based security systems is ideal for computer, monitoring remote systems or transfer the data between 2 computers wirelessly, it's in figure 7.

#### Features

Frequency 433MHz

Voltage Operating -5Vdc

Selection Data Rate

Reliable FSK Technology Transmission

Standard RS232 Interface

Long Transmission Range

Works directly with Computer RS232 Connection

Dimensions: Length - 43mm, Width - 24mm , Height - 12mm

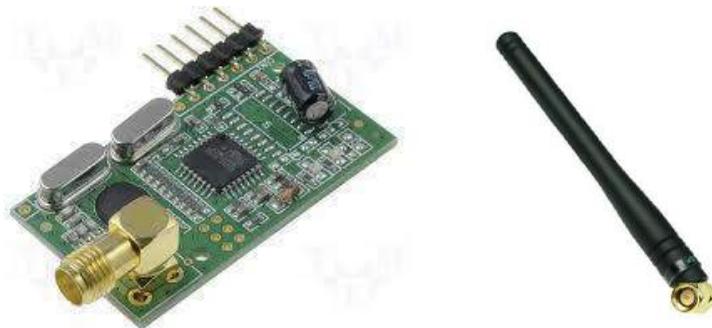


Fig. 7 HM-TR Wireless Data Link - 433MHz - RS232 Interface

### 3.3 ECG simulation Using Visual Basic

We designed a **Visual Basic** based simulator which is able to produce normal lead II ECG waveform. The main advantages of the ECG simulator are time saving and removing

the difficulties of taking real ECG signals with invasive and noninvasive. This ECG simulator performs analyzing and studying normal and abnormal ECG waveforms without actually using the ECG machine.

### 3.4 Signification features of ECG waveform

A typical scalar electrocardiographic lead which represented by significant features of the waveform ; P Q R S and T waves and time intervals in millisecond, marked by P-R,S-T, and Q-T intervals which represents each wave duration is shown in figure 8.

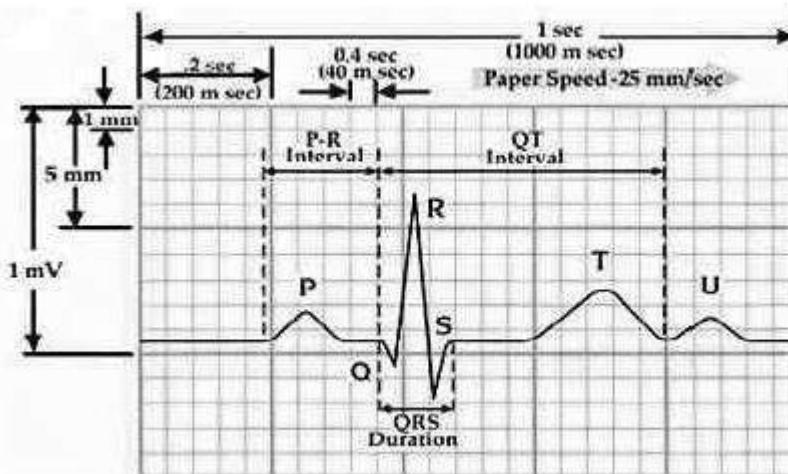


Fig.8 Typical ECG signal

## 4. Results

The result of the present project revealed that a prototype capable of recording and presenting three channels of ECG continuously during real situation tests. The graphical output has been suited for the use of statistical purposes. When used to record ECG levels of normal magnitudes, 0-2mV, output is within 0-3V. Implementation of visualization and analysis software were done on the personal server module The facilities of the software are: it displays the patient's parameters received from the sensors; sends the commands and medical decisions to the patient. For example, the ECG amplifier samples each of the two leads at a frequency of 250 Hz. The raw data is filtered with a low pas filter to eliminate high frequency and movement artifacts. A significant parts of the most ECG analysis systems, are shown in figure 5.1, which constitutes the process of recognition of the ECG waves. In applications were rhythm detection is performed, only the location of the R wave is required. In other applications it is necessary to find and recognize the features of the ECG signal, such as the P and T waves, or the ST segment, for the automated classification and diagnosis.

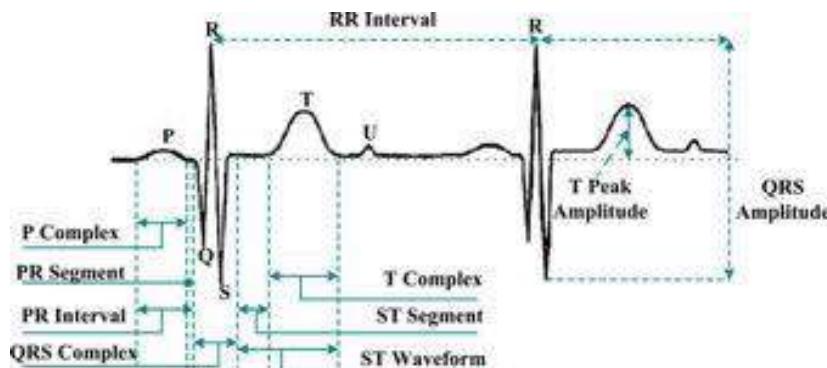


Fig. 9 PQRST waves and location important points.

The objectives of the present project were achieved by designing and application of a wearable wireless ECG system m. This system able to detect ECG signal and amplify this signal to the required level for wireless transmission and it can gather cardiac activities including cardiac rhythm and rate. The ECG system is portable and it utilize a power supply of two battery which provide 9 volts. This low power instrumentation made the system power efficient. ECG signals are first sampled by a small portable device then the captured signals are wirelessly transmitted to PC and finally it can be sent to a healthcare network through internet. This remote monitoring provides safe, low cost, and low-power electrocardiogram. The system is also able to decrease patient waiting time in a clinic as well as reducing the work load of the physician.

From the above results it was concluded that the designed ECG system is able to detect an ECG signal and amplify it to the required level for wireless transmission. It can gather information about the cardiac rhythm and rate. We recommend use of an expensive and new instrumentation amplifier in further projects to accompany with new technology development.

## References

- [1] Myint C. Z., Barsoum N., Ing W. K., (2010). Design a medicine device for blood oxygen concentration and heart beat rate, Transaction in *Healthcare and Biomedical Signal Processing*, 1, 66-71.,
- [2] Teo ,T. H., Tan W. T., P. K. Gopalakrishnan, V. K. H. Phay, and Ma Su M. M. Shwe, (2008)Wireless healthcare monitoring system for home, *World Academy of Science, Engineering and Technology*, **42** : 528-531.
- [3] Heart rate and EKG monitor Using the MSP430FG439, application note at <http://www.ti.com/>.
- [4] (EMBS) Engineering in Medicine and Biology Society (2006). M. Milanesi, N. Martini, N .  
Vanello *et al.*, (2006)“Multichannel techniques for motion artifacts removal from electrocardiographic signals,” in Proceedings of the 28th Annual International Conference of the IEEE Engineering . 3391–3394.
- [5] Miranda H., V. Gilja,V. Chestek, C.A Shenoy, K.V. (2010):“Hermes D: a high-rate long-range



wireless transmission system for simultaneous multichannel neural recording applications,”

*IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems.* 4(3).181–191.

[6] Enderle J. (2000).Introduction to Biomedical Engineering , Academic Press, USA.

[7] Prieto A. and Mailhes C.(2001)“Multichannel ECG Data Compression Method Based on a

NewModeling Method,”*Comput. Card.* **28**: 261-264.

[8] Shemwetta D.and Ole – Meiludie R. (2002 “ThePhysical Workload of Employees in Logging

and Forest Industries,” Wood for Aficaforest Engineering Conference, pp. 178-185.



## SUSTAINABLE DESIGN OF COMMERCIAL BUILDINGS

Adem ATMACA

Department of Energy Systems Engineering, Gaziantep University, Gaziantep, TURKEY,  
[aatmaca@gantep.edu.tr](mailto:aatmaca@gantep.edu.tr)

Sara KANBAR

Department of Civil Engineering, Gaziantep University, Gaziantep, TURKEY,  
[s.kanbar@hotmail.com](mailto:s.kanbar@hotmail.com)

Nihat ATMACA

Department of Civil Engineering, Gaziantep University, Gaziantep, TURKEY,  
[aatmaca@gantep.edu.tr](mailto:aatmaca@gantep.edu.tr)

**ABSTRACT:** The topics of energy crisis and environmental degradation have attracted attention from academic practice and the practice of construction industry worldwide. In meeting the demand for rapid economic development, particularly in developing countries or regions, the construction industry has traditionally been regarded as a major consumer of energy and environmentally polluted. The industry is considered to be able to contribute to the use of efficient energy and a better environment through sound management. Energy consumption occurs throughout the entire life cycle of the building, from the exploitation and manufacture of building materials to demolition of the building. There are many factors that influence energy efficiency during the building life cycle, and these factors appear at different stages and affect the use of energy in different ways. Therefore, it is important to investigate management methods to improve energy efficiency from a building life cycle perspective. However, it seems that little research has been conducted in the investigation of energy management life cycle in the construction industry. The main work of this study includes examining various energy management approaches previously developed, investigating factors that affect energy efficiency across the building life cycle, investigating factors that affect the efficiency of energy management practice in the construction industry, identifying current weak areas in the management of use Energy during the building life cycle, and formulating management solutions to enable efficient energy use.

**Key-words:** Embodied energy, construction, sustainable design, energy management.



## ON THE ENERGY STORAGE SITES FOR NATURAL GAS: AN OVERVIEW FOR TURKISH CASE AND REGULATION

Hamza GÜLLÜ

University of Gaziantep, Department of Civil Engineering

[hgullu@gantep.edu.tr](mailto:hgullu@gantep.edu.tr)

**ABSTRACT:** It is aimed in this paper to mention about underground storage of natural gas. For this purpose, Tuz Lake underground natural gas storage project and Turkish regulation (UNGSP, 2011) have been overviewed. It is understood from the study that the project (Tuz Lake underground natural gas storage) presents new insights for the natural gas storage. However, investigation about the flow characteristics (rheology) during drilling of salt deposit is offered for better design. The Turkish regulation (UNGSP, 2011) is found to involve with the storage plant in the management viewpoint rather than technical issues. Thus, alternately a new regulation in technical viewpoint dominantly can be useful for the natural gas storage operations.

**Key words:** energy, natural gas, storage

## INTRODUCTION

Energy storage of natural gas becomes one of primary issues of energy politics when the country imports the gas mandatory. Specifically for excessive amount of gas, the requirement of storage becomes more important by considering in the viewpoint of engineering structure, as well as characteristics of soils and rocks under complex and extreme conditions that offer mechanical, hydraulic and geotechnical processes in order for developing analytical tools and methods. In many of energy storage systems, it has been known that cyclic charging and discharging will occur with a known time scale. Energy storage of natural gas could be in different forms particularly in subsurface. Opportunities to store thermal heat energy in salt domes in the form of thermohaline reservoirs is considered an alternative approach (Wuttke et al., 2014), which could be a good candidate for the storage of natural gas. This could also provide sustainable solutions for the energy requirements of country. During the subsurface storage of natural gas, permeability enhancement of rock deposits could be a viable issue via hydraulic fracturing. It could be offered that energy storage for natural gas applications may include the underground spaces in salt caverns or aquifers, or as well as the energy storage in the form of compressed gas in caverns or aquifer (McCartney et al., 2016).

It is reported that there are several applications in engineering practice related to operations in the energy sector that requires new developments. They can be summarized as pipeline construction, design of foundation systems for offshore wind or tidal energy, mining operations related with oil sands, design of dams for hydro energy storage, and quantification of embodied energy in geotechnical infrastructures, etc. Moreover, in a variety of applications specifically in the geotechnical viewpoint, geosynthetic-reinforced retaining walls, energy piles, tunnels and diaphragm can utilize the ground for heating and cooling of structures, storage of heat, or dissipation of waste heat. Main issues within those applications could be considered to understand the coupled role and the mechanical



response of the media (i.e., changes in strength, volume change, changes in stiffness) to predict the flow of fluids, transfer of heat in porous or fractured media, etc. The governing equations for the heat transfer and water flow for water-saturated porous media are well researched in the literature. However, the issues above could also present new insights for civil engineers in terms of technical problems associated with soil-structure interaction (McCartney et al., 2016).

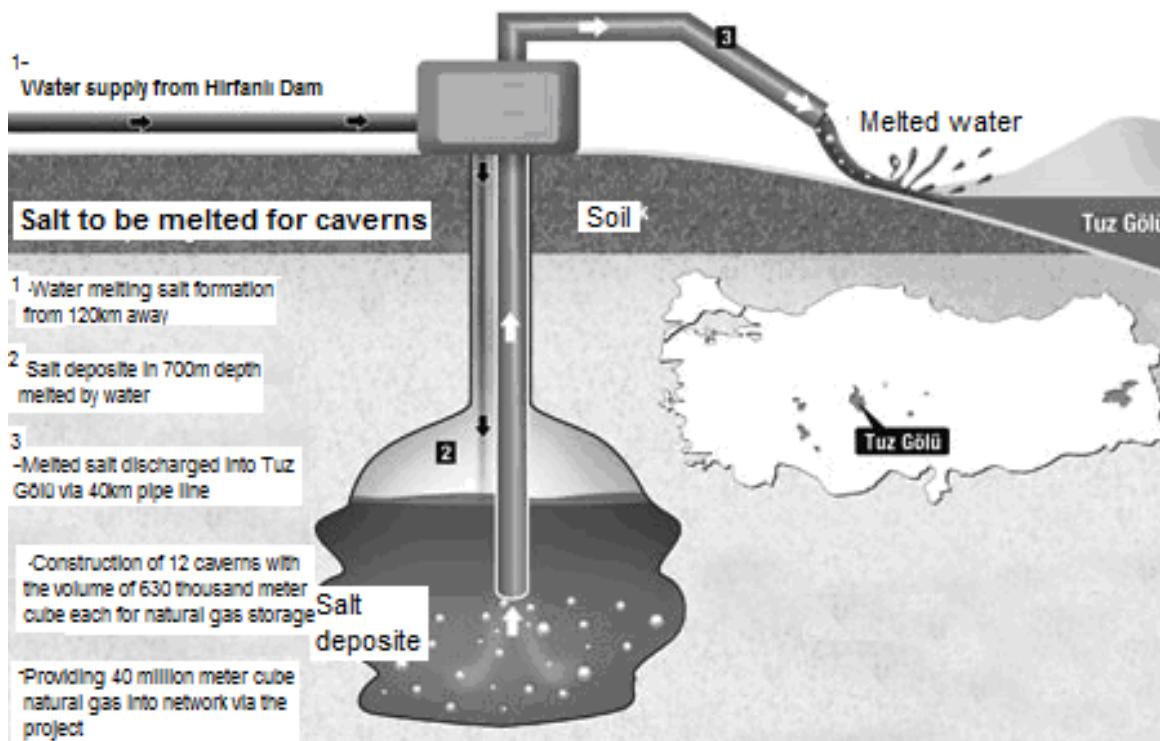
It is aimed in this paper to mention about underground storage of natural gas for energy use. For this purpose, Tuz Lake underground natural gas storage project (Turkey) has been overviewed with present Turkish regulation (UNGSP, 2011).

## TUZ LAKE UNDERGROUND NATURAL GAS STORAGE PROJECT AND SOME DISCUSSIONS

A typical description of Tuz Lake underground natural gas storage project has been illustrated in Fig.1. In summary, the salt deposit underground nearly in the depth greater than 700m in Sultanhanı (Aksaray) 40km away from Tuz Lake is attempted to be melted via the clean water supplied from Hirfanlı Dam 120km away. After melting the salt deposit, caverns for natural gas storage are aimed to be constructed. Then, the melted salt is transferred and discharged into Tuz Lake through 40km pipe line. For storage of natural gas, 12 caverns are planned to construct with the volume of nearly 600000m<sup>3</sup> for each. It is reported that Turkey has a consumption of 40 billion m<sup>3</sup> natural gas per year. After completing the 12 caverns within the salt mass for natural gas storage, it is offered that nearly 1 billion m<sup>3</sup> natural gas will be stored per year. This means that Turkey will have 2.1 billion m<sup>3</sup> natural gas storage capacity together with Silivri Plant (having the capacity of 1.1 billion m<sup>3</sup> natural gas). This provides a guarantee for 5% of total natural gas consumption of country (Energy Institution).

It is reported that the natural gas could be alternately stored in hard rock caverns, aquifers, old mine sites, in the consumed reservoirs of oil and gas, as well as salt caverns. But it can be said that for Turkey Tuz Lake site presents new insights in the storage viewpoint for future studies involving engineering structures. However, there may be some querying with relevant discussions about the project (Fig.1) involved with the issues of water supply, drilling operations of salt deposit for caverns and discharge of melted salt into Tuz Lake. The feasibility studies indicate that Hirfanlı Dam seems relatively sufficient for water supply for melting salt during the storage operations. The supplied water is reported as %1.22 of total volume of Hirfanlı dam reservoir (Botaş, 2017). This can be accepted as a relatively minor effect for the dam use. However, the distance 120km away for water supply could be queried in the economy viewpoint. On the effect of melted water discharged into Tuz Lake 40km away from salt deposit, it is reported that (Botaş, 2013) the melted water will contribute to Tuz Lake that is under the threat of evaporation and aridness. Since the melted water will be discharged inside Tuz Lake (not directly to surface), it is not expected adverse effect on the water surface of lake. As for the operation of drilling of salt deposit for obtaining storage caverns, some technical queering could be useful for optimum drilling. For the structural design within the queering, it could be important to investigate the issues of flow characteristics (rheology) of salt+water mass, drilling velocity, pumping velocity, pumping pressure, flow rate, etc. One more important issue during the storage of natural gas could be considered as the environment protection. For this issue, it is reported (Botaş, 2013) that effect of environmental problems

(wastewater, solid waste, noise pollution, ecological impact, use of blasting materials, seepage of boring sludge into groundwater, disposal of boring sludge, etc.) will be in minor level that provides the project of Tuz Lake natural gas storage being friendly environment.



**Figure 1. A Typical Description of Tuz Lake Underground Natural Gas Storage Project (Energy Institution, 2017)**

#### A TURKISH REGULATION FOR UNDERGROUND NATURAL GAS STORAGE PLANT

A Turkish regulation (UNGSP, 2011) was published by Republic of Turkey Energy Market Regulatory (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu) for the fundamentals of underground natural gas storage plant. Highlights of some fundamental points could be summarized as follows:

- The company of Natural Gas Storage Plant serves in accordance with related codes and regulations (Pr or Provision 5.2).
- In the cases of security risk for natural gas storage plant or network and restoration or maintenance of plant, there could be power cut or reduction by the company (Pr.9.1).
- The company of storage plant is responsible for operating natural gas system in safe and efficiency (Pr.11.1).
- The company should conduct the maintenance and restoration works without power cut or reduction in storage servings. However, in mandatory cases of power cut or reduction due to the maintenance and restoration, the power cut and reduction should be equally reflected to the clients (Pr.14.1).

As understood from the regulation UNGSP (2011) highlighted above, the provisions of the regulation is mostly related with management operations of storage plant. It can be said that there are missing considerations or indirect points in the regulation (UNGSP, 2011) in



the technical viewpoints when considered Tuz Lake natural gas storage project. Thus, UNGSP (2011) should be discussed with an extension, or alternately a new regulation should be prepared by more technical provisions in the viewpoint of engineering structure. In view of this, it is recommended some provisions for the natural gas storage operations including water supply for melting, drilling of salt deposit for storage cavern and discharge of melted water into environment.

## CONCLUSIONS

From the study in this paper, it can be concluded that drilling operations of salt deposit (Tuz Lake underground natural gas storage project) needs rheological investigations for optimum design. In addition, the present Turkish regulation (UNGSP, 2011) is found a lack of technical issues of storage that could be offered for future regulations.

## RECOMMENDATIONS

Flow characteristics of salt deposit during drilling operation (Tuz Lake underground natural gas storage project) could be investigated for better design. The present Turkish regulation (UNGSP, 2011) could be improved with more technical issues, or a new regulation including technical issues could be prepared for underground natural gas storage.

## REFERENCES

- Botaş. (2013). Tuz Gölü Doğal Gaz Yeraltı Depolama Projesi Çevre Yönetim Planı. Çınar Mühendislik Müşavirlik A.Ş. Retrieved on October 01, 2017 from [http://documents.worldbank.org/curated/en/752081468318870399/pdf/E4152v40Turkey00\\_110201300Box374358B.pdf](http://documents.worldbank.org/curated/en/752081468318870399/pdf/E4152v40Turkey00_110201300Box374358B.pdf).
- Botaş. (2017). Tuz Gölü Yeraltı Doğal Gaz Depolama Tesisi Kapasite Artışı Projesi. Çınar Mühendislik Müşavirlik A.Ş. Retrieved on October 01, 2017 from <http://documents.worldbank.org/curated/en/190631496821940999/pdf/SFG3412-EA-TURKISH-P162727-Box402913B-PUBLIC-Disclosed-6-7-2017.pdf>.
- Energy Institution. Retrieved on October 02, 2017 from <http://energienstitus.com/2011/11/20/cinliler-tuz-golunde-ikinci-buyuk-dogalgaz-deposunu-insaa-edecel/>
- McCartney, J.S., Sánchez, M., Tomac, I. (2016). Energy geotechnics: Advances in subsurface energy recovery, storage, exchange, and waste management. *Computers and Geotechnics*, 75, 244–256.
- UNGSP (Turkish Regulation for Fundamentals of Underground Natural Hazard Storage Plant). (2011). Yer Altı Doğal Gaz Depolama Tesisi Temel Kullanım Usul Ve Esaslarının Belirlenmesine Dair Yönetmelik. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, Resmi Gazete, Sayı: 27954. Retrieved on October 02, 2017 from [www.epdk.org.tr/TR/Dokuman/3459](http://www.epdk.org.tr/TR/Dokuman/3459).
- Wuttke, F., Wagner, N., Khan, M., Thess, A., Scherzber, H. (2014). Thermohaline energy geo-storage: evaluation of fluid–fluid layer and fluid–rock salt evaluation. *Géotech Lett*, 4:132–8.



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



## INVESTIGATION OF PERFORMANCE OF STITCHING AND TEARING STRENGTH OF POLYPROPYLENE WOVEN FABRICS

Özdemir Hüseyin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Technical Sciences Vocational Higher School, Textile Department, Gaziantep University, Gaziantep, Turkey, Corresponding author. Tel.: +90 5326905616, [hozdemir@gantep.edu.tr](mailto:hozdemir@gantep.edu.tr)

Çelik Emrah<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Textile Engineering Department, Erciyes University, Kayseri, Turkey,  
[emrahclk@hotmail.com](mailto:emrahclk@hotmail.com)

**ABSTRACT:** It has become impossible to meet the growing needs in the field of textiles with natural fibers. For this reason, mankind has begun to meet this need with natural / synthetic blends or only synthetic fibers using developing technology. Despite the wide use of synthetic fibers in the textile industry, the use of polypropylene fibers remains very limited. The reason for this is that the conventional demand for synthetic fibers such as polyester, acrylic and polyamide has already been met. However, developing textile technologies and cost necessity brought new quests together.

In this study, fabrics were produced using 100% polypropylene raw material in 2 different woven constructions. The obtained polypropylene fabrics were tested on the same conditions with the cotton and viscose fabrics most used today in the garment industry. Stitching and tearing strength of polypropylene, cotton and viscose woven fabrics are compared with the tests made. These tests reveal the advantages and disadvantages of polypropylene fiber.

**Key words:** Polypropylene woven fabric, Stitch strength, Tear strength.

## POLİPROPİLEN DOKUMA KUMAŞLARIN DİKİŞ VE YIRTELMA DAYANIMI PERFORMANSININ İNCELENMESİ

**ÖZET:** Tekstil alanında artan ihtiyaçları karşılamak doğal elyaflarla mümkün olamaz hale gelmiştir. Bu nedenle insanoğlu gelişen teknolojiyi kullanarak bu ihtiyacını doğal/sentetik karışımıları ya da sadece sentetik lifler ile karşılamaya başlamıştır. Tekstil sektöründe sentetik liflerin kullanım alanları oldukça genişmasına rağmen polipropilen elyafının kullanım alanı çok sınırlı kalmıştır. Bunun nedeni geleneksel olarak yaygın kullanılan poliester, akrilik ve poliamid gibi sentetik liflerin hali hazırda talebi karşılamasından kaynaklanmaktadır. Ancak gelişen tekstil teknolojileri ve maliyet zorunluluğu yeni arayışları beraberinde getirmiştir.

Bu çalışmada birbirinden farklı 2 dokuma konstrüksiyonda %100 polipropilen hammadde kullanılarak kumaşlar üretilmiştir. Elde edilen polipropilen kumaşlar, bugün hazır giyim sektöründe en fazla kullanılan pamuk ve viskondan üretilmiş kumaşlar ile eşit şartlarda teste tabi tutulmuştur. Polipropilen, pamuk ve viskon dokuma kumaşların dikiş ve yırtılma dayanımı yapılan testler ile kıyaslanmıştır. Bu testlerle polipropilen elyafın avantaj ve dezavantajları ortaya çıkarılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Polipropilen dokuma kumaş, Dikiş dayanımı, Yırtılma dayanımı.



## GİRİŞ

Dünya üzerinde yaşayan insan nüfusu arttıkça ve toplumların ekonomik yapısı gelişikçe arz-talep çatıları her alanda yükselmiştir. Tekstil alanında da artan ihtiyaçları karşılamak doğal elyaflar ile mümkün olamaz hale gelmiştir. İnsanoğlu gelişen teknolojiyi kullanarak bu ihtiyacını sentetik lifler kullanarak karşılamaya başlamıştır. Sentetik liflerden biri olan polipropilen de bu sayede birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır. Polipropilen tüketici istek ve beklenilerini rahatça karşılayabilecek teknik özelliklere sahiptir. Bu nedenle de giderek artan kullanım alanı ve oranına sahiptir. Polipropilen; düşük yoğunluk, iyi mekanik özellikler, kimyasallara karşı yüksek direnç ve düşük maliyet özellikleri ile öne çıkan bir elyaf türü olmasına rağmen günümüzde daha çok çuval yapımı, halı endüstrisinde kullanmaktadır.

Tekstil sektöründe yapay liflerin kullanım alanları oldukça geniş olmasına rağmen polipropilen elyafının kullanım alanı sınırlı kalmıştır. Yapılan çalışmalar genellikle polipropilen elyafların boyanması ya da polimer yapısının geliştirilmesi üzerine gerçekleştirılmıştır. Polipropilen elyafının hazır giyim endüstrisindeki yeri ve uygunluğu yeteri kadar değerlendirilmemiştir. Polipropilen elyafı da sektörde ve endüstride hak ettiği önemi bulamamıştır. Günüümüz dünyasında moda trendleri hızla değişmekte ve kıyafetlerin giyilme süreleri de gün ve gün azalmaktadır. İşte bu noktada tüketiciye modayı uygun fiyata sunmak bir zorunluluk haline gelmiştir. Hazır giyim endüstrisinde kullanılan diğer yapay liflere göre daha iyi fiziksel performans özelliklerine sahip olmasına rağmen kullanımının kısıtlı olması düşündürücü bir durumdur.

Polipropilen elyafının hazır giyim endüstrisinde, dokuma kumaş formunda göstereceği performansları inceleyeceğimiz bu çalışma ile polipropilen elyafın endüstriye kazandırılması amaçlanmıştır. Ayrıca yapılacak incelemeler ve izlenecek deneysel yollar ile elde edilen analitik sonuçlar doğrultusunda polipropilen elyafının kullanım alanlarının yaygınlaştırılması amaçlanmıştır.

## MATERIAL

Yapılan bu çalışmada, 2 farklı konstrüksiyon ve 3 ayrı elyaf türünden dokunmuş kumaşlara fiziksel performans testleri uygulanmıştır. Her kumaş türü için, her test metodu aynı standartlar altında gerçekleştirilmiş ve kıyaslanabilir veriler elde edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca bir elyaf türünden üretilmiş farklı konstrüksiyondaki yapıların özellikleri de gözlemlenmiştir. Polipropilen dokumalardaki polipropilen iplikler Gaziantep bölgesinde ticari olarak faaliyet gösteren General Non-woven işletmesinden temin edilmiş olup, Premium Tekstil firmasında dokunmuştur. Pamuk dokuma kumaşlar Uşak dokunmuş olup Akbey Mensucat aracılığı ile temin edilmiştir. Viskon dokuma kumaşlar ise Bursa bölgesinde dokunmuş olup Taha Giyim A.Ş.'den tedarik edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan dokuma yapıları, özellikleri ve kumaş birim ağırlıkları tablo 2.1'de verilmiştir.

**Tablo 2.1.** İncelenen dokuma kumaşlar.

Örgü Yapısı	Bez Ayağı			Dimi		
<b>Numune</b>	1/1 Polip	1/1 Pamuk	1/1 Viskon	2/1 Polip	2/1 Pamuk	2/1 Viskon
<b>Numune Kodu</b>	PPB	COB	CVB	PPD	COD	CVD
<b>Elyaf</b>	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Kompozisyonu	Polipropilen	Pamuk	Viskon	Polipropilen	Pamuk	Viskon
<b>İplik numarası</b>	170 Denye	Ne 30	Ne 30	170 Denye	Ne 30	Ne 30
<b>İplik kat sayısı</b>	Tek	Tek	Tek	Tek	Tek	Tek
<b>Çögzü sıklığı</b>	30	30	30	43	43	43
<b>Atkı Sıklığı</b>	24	24	24	26	26	26
<b>Gramaj</b>	120,5	113,3	115,8	156,6	143,6	149,8
<b>Kumaş eni(cm)</b>	150	150	150	150	150	150
<b>Kumaş Maliyet (TL/m<sup>2</sup>)</b>	5,65	5,7	5,8	6,5	6,2	6,4

## YÖNTEM

### Dokunmuş Kumaşlarda Dikiş Dayanımı Tayini

Dikiş mukavemeti testleri, dokunmuş tekstil mamüllerinin kaymaya karşı mukavemetinin tayini-Dikiş Metodu (ISO 13936-1) standardına uygun olarak yapılmıştır.

Dikiş dayanımı, dikilmiş kumaşlarda bir veya birden fazla kumaş ile dikişin meydana getirdiği bağlantının kopmaya karşı gösterdiği en büyük dirençtir. ISO 13936 metodu ile tayin edilir. Bir dikilmiş ve bir dikilmemiş materyalin, çekme cihazında ayrı ayrı teste tabi tutularak, sonuçların aynı düzlem üzerinde karşılaştırılmasına dayanır. Dikiş kayması testinde numune hazırlama ve testin uygulanması sırasında bazı cihazlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu cihazlar;

*Uzatma hızı sabit çekme cihazı:* Çekme cihazı, deney parçasını gerdirerek koparmak için uygulanan kuvvet ile bu kuvvete karşılık gelen uzamayı gösteren veya kaydeden cihazdır.

*Dikiş makinesi:* Tek iğneli, zincir dikiş yapabilme özelliğine sahip ve elektrik tıhrikli olmalıdır. ISO 4519:1991 standardında yer alan 301 tipi dikiş için uygun olmalıdır. Şekil 3.1'de zincir dikiş tipine ait şematik gösterim verilmiştir.



Koyu renk – İğne ipliği

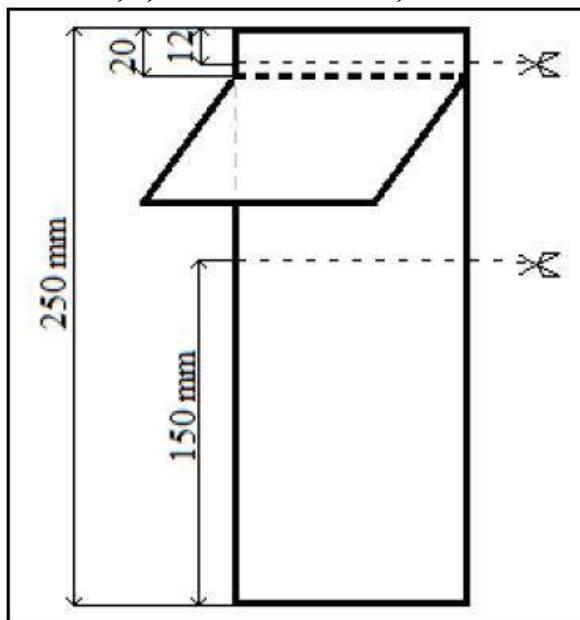
Açık renk – Bobin ipliği

**Şekil 3.1.** Zincir Dikiş (tip 301).

### Numune hazırlama

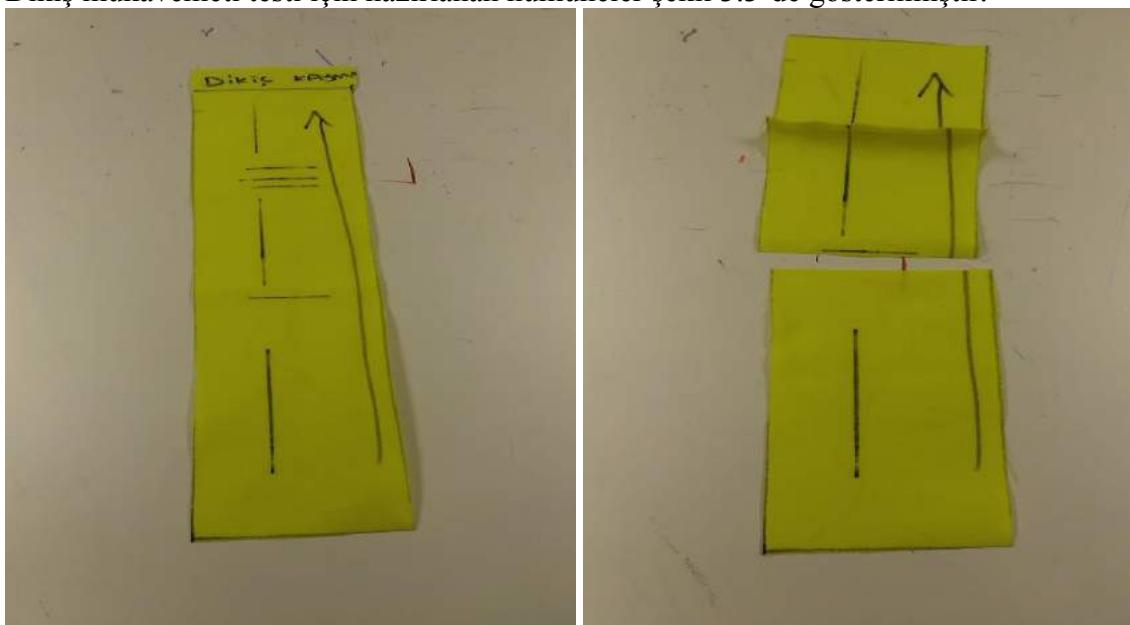
Numune hazırlama işlemi atkı ve çögzü yönleri için ayrı yapılır. Numuneler, kumaş kenarından minimum 150mm içерiden ve farklı bölgelerden alınır. Çögzü kayması için 5 adet numune hazırlanır, numuneler çögzü doğrultusunda 100mm ve atkı yönünde 400 mm olarak kesilir. Atkı kayması için ise yine 5 adet numune, atkı yönünde 100mm ve çögzü yönünde 400 mm olacak uzunlukta kesilerek hazırlanır. Her numune ön yüzü içte kalacak şekilde kısa kenarlardan birinden 110 mm mesafeden uzun kenarı doğrultusunda katlanır.

Katlanan numune, kat izine paralel olacak şekilde 20 mm mesafeden zincir dikiş ile dikenlerek aşağıdaki gibi hazırlanır. Dikiş mukavemeti testinde kullanılan numunelerin hazırlanışı şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Dikiş kayması test numunesinin hazırlanışı.

Dikiş mukavemeti testi için hazırlanan numuneler şekil 3.3'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Dikişli ve dikişsiz olarak hazırlanan polipropilen dokumaların dikiş mukavemeti test numuneleri.

Dikiş kayması testinin uygulanışı aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır.  
Numuneler kondisyonlanır,  
Çeneler 100 mm mesafeye ayarlanır,  
Makine hızı 50 mm/dk olarak ayarlanır,  
Dikişsiz numune çeneye ortalı bir şekilde yerleştirilir. Daha sonra çenelerden biri kuvvet 200 N olana kadar çekilir,

Dikilmiş numune çenelere yerleştirilir. Dikişin çenelere eşit uzaklıkta ve paralel olduğundan emin olunur. Daha sonra çenelerden biri kuvvet 200 N olana kadar hareket ettirilir,

Test aynı şekilde diğer numuneler içinde tekrarlanarak sonuçlar elde edilir.

Şekil 3.4'de dikiş mukavemeti testinin yapılışı ve test cihazı görülmektedir.



Şekil 3.4. Dikiş mukavemeti testinin uygulanışı ve test cihazı.

### **Dokunmuş Kumaşların Yırtılma Özelliğlerinin Belirlenmesi**

Bu çalışmada dokunmuş kumaşların yırtılma mukavemetinin tayininde, Kumaşların Yırtılma Özelliği-Balistik sarkaç (Elmendorf) metodu ile yırtılma kuvvetinin tayini (ISO 13937-1) test standarı uygulanmıştır. Bu test dokunmuş kumaşların herhangi bir kuvvet uygulandığı andaki fiziksel deformasyonlarından olan yırtılma eylemine karşı gösterdiği dayanımın belirlenmesi için kullanılır.

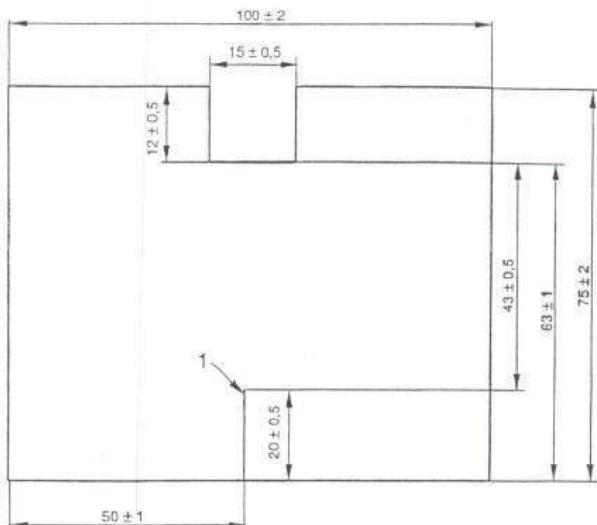
Kolay yırtılmanın gerekliliği olduğu sargı bezi gibi bazı özel amaçlı kumaşlar dışında tüm kumaşlarda yırtılma mukavemetinin yüksek olması istenir. Yırtılma mukavemeti; bir kumaş yada ipliği, bir dönme momenti veya belirli bir eksen döndürerek, çekme etkisi ile kopartmak için gerekli kuvveti ifade etmektedir. Bir başka deyişle, bir kumaşta belirlenmiş koşullar altında bir yırtığı başlatmak, sürdürmek yada yaymak için gereken karşı koyma kuvvetidir. Yırtılma mukavemeti, dokunmuş kumaşlara uygulanan bir test standardıdır. Mamul kumaş, kullanım sırasında çeşitli yırtılma etkileri ile karşı karşıyadır. Yırtılma mukavemeti kumaşın yapısıyla ilgilidir. Bir araya kümelenmiş iplikler gerilimi bölüşerek daha yüksek bir dayanım gösterirler.

Yırtılma mukavemeti testinde atkı yönünde kesilen numunede çözgү ipliklerinde kopuş meydana geldiğinden, atkı yönünde yırtılma mukavemeti değeri çözgүdeki mukavemet olarak değerlendirilir. Bu nedenle birçok kumaşta atkı yönündeki yırtılma mukavemeti değerleri daha yüksek bulunmaktadır. Testin ana prensibi, önceden oluşturulmuş bir kesigin, ani kuvvet etkisiyle devam ettirilerek kumaş boyunca yırtılmanın olması için gereken kuvvetin belirlenmesidir. Yırtılma mukavemeti testi için, Sarkaç test cihazı kullanılır.

#### **Numune hazırlama**

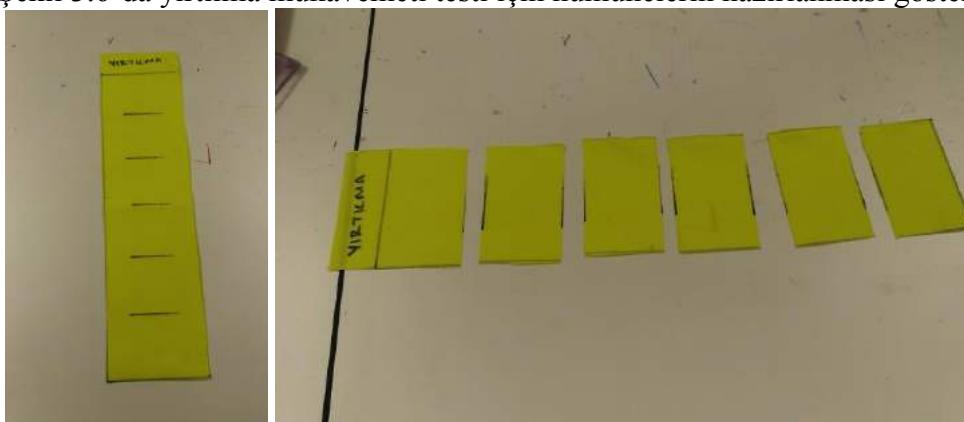
Her test için iki set numune hazırlanmalıdır. Bu setlerden biri çözgү yönünde, diğeri atkı yönünde olmalıdır. Numuneler hazırlanırken yırtılmanın aynı dış üzerinde oluşabilmesi için, kısa kenarları aynı atkı veya çözgү ipliği üzerinde olmalıdır. Her set en az 5 numune parçası içermelidir. Çentik atılacak nokta yerleştirme esnasında referans alınması için

kalem ile işaretlenir. Yırtılma mukavemeti testinde kullanılacak numunelerin alınmasına yönelik şematik gösterim şekil 3.5.'de verilmiştir.



**Şekil 3.5.** Yırtılma mukavemetin test numunelerinin hazırlanmasında kullanılan ölçüler.

Şekil 3.6'da yırtılma mukavemeti testi için numunelerin hazırlanması gösterilmiştir.

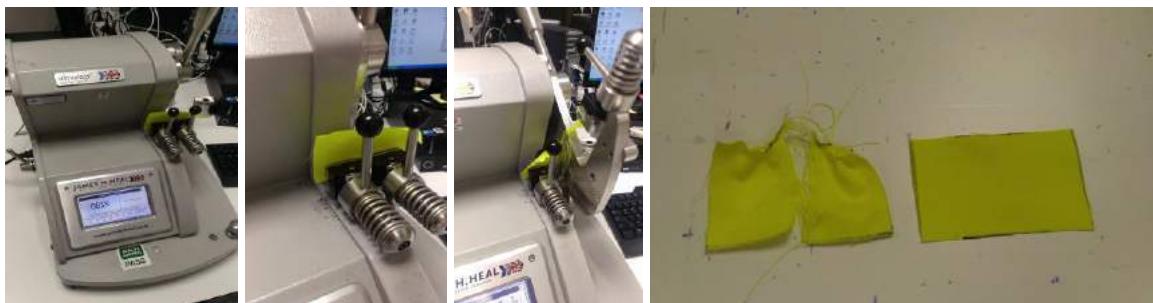


**Şekil 3.6.** Yırtılma mukavemeti testi için numunelerin hazırlanması.

### Testin Uygulanması

Test cihazlarının sıfırlandığından emin olunur ve uygun sarkaç seçilir. Test örneğinin uzun tarafı çenelerin üst kenarına paralel olacak şekilde çenelere yerleştirilir. Çenelere yerleştirilen numuneye daha önceden işaretlenmiş olan noktadan, kesici bıçak yardımı ile  $20 \text{ mm } +/- 0,5 \text{ mm}$  boyutunda bir kesik açılır. Sarkaç serbest bırakılır ve ekranda çıkan en büyük kuvvet "N" cinsinden kayıt edilir. Atkı ve çözgü yönleri için en az 5'er test numunesi için testi tekrarlanır. Yırtılmanın, kuvvet yönü boyunca ilerleyip ilerlemediğini ve herhangi bir ipliğin yırtılmadan kumaş yüzeyinden ayrılp ayrılmadığı kontrol edilir. kumaş boyunca tüm iplikler yırtılmış ise  
çenelerde kayma olmamış ise  
yırtılma tamamlanmış ve 15 mm genişliğindeki çentikli alanın içinde kalmış ise test geçerli sayılır. Eğer bunlardan biri uygunsuz ise testin tekrarlanması gerekmektedir.

Balistik sarkaç doğrudan enerjiyi ölçer. Mevcut uygulamada yırtılma direncinin genellikle doğrudan doğruya "Newton" cinsinden gösterilen bir kuvvet olarak ifade edilmesi tercih edilir. Diğer birimlerde belirtilen sonuçlar Newton'a dönüştürülür. Şekil 3.7'de yırtılma mukavemeti test cihazı ve testin yapılış adımları.



**Şekil 3.7.** Yırtılma mukavemeti test cihazı ve testin yapılış adımları.

## BULGULAR

Deneysel analizlerde çalışmamıza konu olan 2 farklı dokuma konstrüksiyon yapısıyla oluşturulan, 3 farklı elyaf içerikli dokuma kumaşlarımız, 2 farklı fiziksel özellik açısından incelenmiştir. Piyasada en fazla kullanım alanına sahip elyaflar olan pamuk ve viskon elyafları ile polipropilen elyaf içerikli kumaşlar aynı standartlarda ve eşit şartlar altında incelenmiştir. Yapılan testler ve elde edilen tüm sonuçların ortalama değerleri test bulguları olarak not edilmiştir. Burada verilen değerler, her bir numune için uygulanan tüm test analizlerinin ortalamalarıdır.

### 4.1. Dokunmuş Kumaşlarda Dikiş Mukavemeti Bulguları

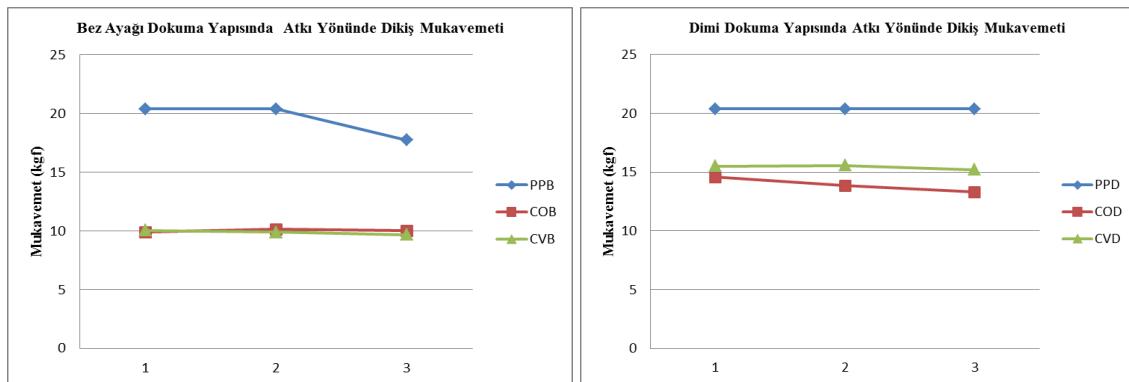
Dokunmuş kumaşların dikiş mukavemeti ve dikiş kayması açısından incelenmesi sonucu elde edilen veriler aşağıdaki gibidir. Dikiş kayması-dikiş dayanımı testi dikişli ve dikişsiz numune parçalarının eşit şartlar altında test edilmesine dayanmaktadır. Hem atkı hem de çözgü yönünde uygulanan 3 tekrarlı 3' er test gerçekleştirilmiştir. Testin uygulanması sırasında maksimum kuvvet 200N, başlangıçtaki çene açıklığı 100 mm<sup>2</sup> ve hareket hızı 50 mm/d'dır. (Tablolarda yer alan 20,39 değeri test esnasında uygulanan maksimum kuvvet olup, bu kuvvette kadar mukavemet gösteren kumaşların dikiş mukavemetleri >20,39 olarak sonuçlanmaktadır. Ortalama değerlerin hesaplanması uygulanan maksimum kuvveti baz alarak bu testlerin sonucu 20,39 olarak kabul edilmiştir.)

Çalışmada kullanılan numune dokuma yapılarının atkı yönünde dikiş mukavemeti test sonuçları tablo 4.1.' de gösterilmiştir.

**Tablo 4.1.** Atkı yönünde dikiş mukavemeti test sonuçları.

Dikiş Mukavemeti						
Test Yönü				Atkı üzerinde çözgü kayması		
Max dikiş kuvveti				kgf		
Kumaş	PPB	COB	CVB	PPD	COD	CVD
Sonuçlar	20,39	9,9	10,05	20,39	14,58	15,5
	20,39	10,15	9,88	20,39	13,84	15,57
	17,74	10,02	9,67	20,39	13,29	15,21
Ortalama	<b>19,51</b>	<b>10,02</b>	<b>9,87</b>	<b>20,39</b>	<b>13,90</b>	<b>15,43</b>
Cv	<b>1,56</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,00</b>	<b>0,28</b>	<b>0,02</b>
SS	<b>1,25</b>	<b>0,10</b>	<b>0,16</b>	<b>0,00</b>	<b>0,53</b>	<b>0,16</b>

Çalışmada kullanılan polipropilen, pamuk ve viskon dokuma bez ayağı ve dimi yapılarının atkı yönünde dikiş mukavemeti test değerleri şekil 4.1.'de karşılaştırmalı olarak görülmektedir.



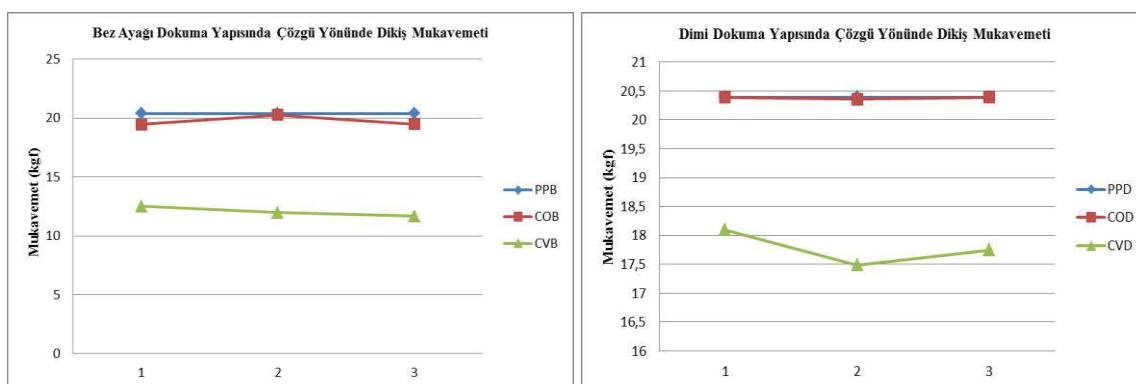
**Şekil 4.1.** Bez ayağı ve dimi kumaşların atkı yönünde dikiş mukavemeti test sonuçları.

Çalışmada kullanılan numune dokuma yapılarının çözgü yönünde dikiş mukavemeti test sonuçları tablo 4.2.' de gösterilmiştir.

**Tablo 4.2.** Çözgü yönünde dikiş mukavemeti test sonuçları.

Dikiş Mukavemeti						
Test Yönü				Çözgü üzerinde atkı kayması		
Max dikiş kuvveti				kgf		
Kumaş	PPB	COB	CVB	PPD	COD	CVD
Sonuçlar	20,39	19,46	12,49	20,39	20,39	18,1
	20,39	20,26	11,95	20,39	20,36	17,49
	20,39	19,49	11,66	20,39	20,39	17,75
Ortalama	<b>20,39</b>	<b>19,74</b>	<b>12,03</b>	<b>20,39</b>	<b>20,38</b>	<b>17,78</b>
Cv	<b>0,00</b>	<b>0,14</b>	<b>0,12</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,06</b>
SS	<b>0,00</b>	<b>0,37</b>	<b>0,34</b>	<b>0,00</b>	<b>0,01</b>	<b>0,25</b>

Çalışmada kullanılan polipropilen, pamuk ve viskon dokuma bez ayağı ve dimi yapılarının çözgü yönünde dikiş mukavemeti test değerleri şekil 4.2.'de karşılaştırmalı olarak görülmektedir.



**Şekil 4.2.** Bez ayağı ve dimi kumaşların çözgü yönünde dikiş mukavemeti test sonuçları.

#### 4.2. Dokunmuş Kumaşların Yırtılma Mukavemeti Bulguları

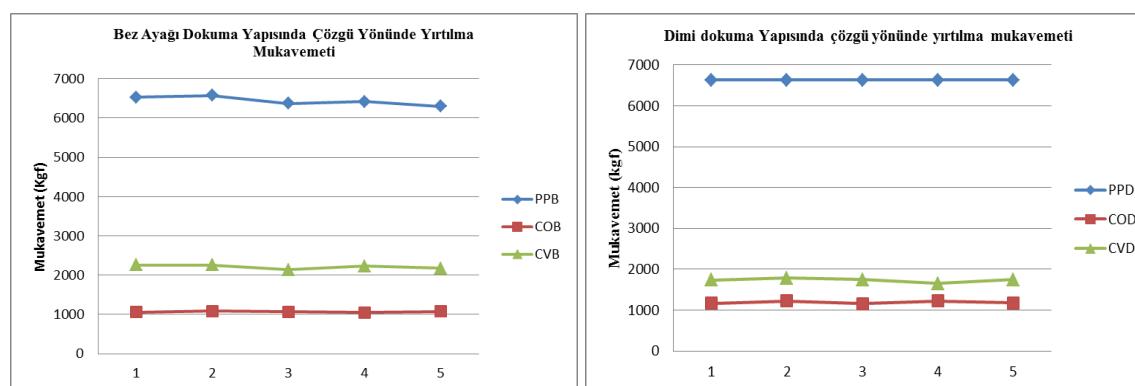
Yırtılma mukavemeti testlerinin uygulanması sırasında her kumaş tipinden 5 çözgü yönünde, 5 atkı yönünde ölçüm yapılmıştır. Her numune için 5 test tekrarlı çalışma uygulanmıştır.

Çalışmada kullanılan numune yapılarının çözgü yönünde yırtılma mukavemet değerleri tablo 4.3'de verilmiştir.

**Tablo 4.3.** Çözgü yönünde yırtılma mukavemeti sonuçları.

Yırtılma Mukavemeti Testleri						
Test Yönü	Çözgü					
Değer birimi	gf					
Kumaş	PPB	COB	CVB	PPD	COD	CVD
Sonuçlar	6528	1060	2262	6628	1169	1736
	6576	1085	2258	6628	1227	1784
	6371	1069	2137	6628	1155	1747
	6419	1045	2229	6628	1224	1649
	6302	1080	2171	6628	1172	1749
Ortalama	<b>6439,2</b>	<b>1067,8</b>	<b>2211,4</b>	<b>6628</b>	<b>1189,4</b>	<b>1733</b>
Cv	<b>10096,56</b>	<b>205,36</b>	<b>2441,84</b>	<b>0,00</b>	<b>902,64</b>	<b>2023,60</b>
SS	<b>100,48</b>	<b>14,33</b>	<b>49,41</b>	<b>0,00</b>	<b>30,04</b>	<b>44,98</b>

Çalışmada kullanılan polipropilen, pamuk ve viskon dokuma bez ayağı ve dimi yapıların çözgü yönünde yırtılma mukavemeti test değerleri şekil 4.3'de karşılaştırmalı olarak görülmektedir.



**Şekil 4.3.** Bez ayağı ve dimi kumaşlarda çözgü yönünde yırtılma mukavemeti değerleri.

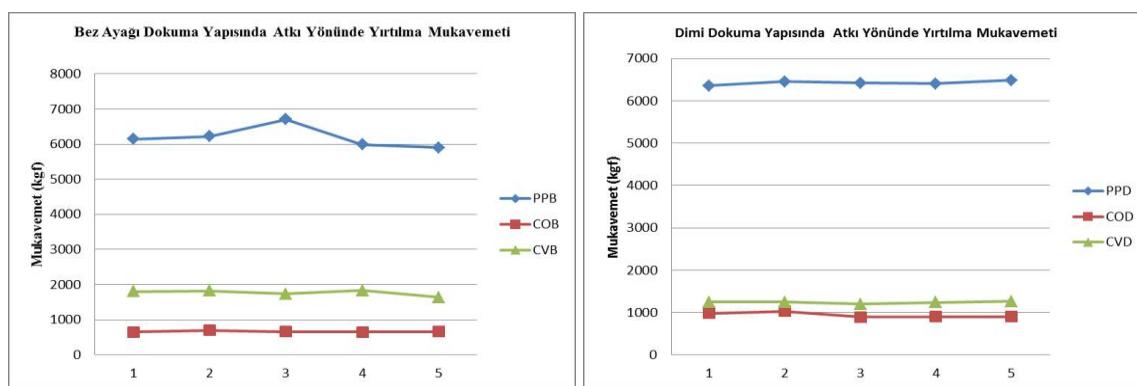
Çalışmada kullanılan numune yapılarının atkı yönünde yırtılma mukavemet değerleri tablo 4.4'de verilmiştir.

**Tablo 4.4.** Atkı yönünde yırtılma mukavemeti sonuçları.

Yırtılma Mukavemeti Testleri						
Test Yönü	Atkı					
Değer birimi	gf					
Kumaş	PPB	COB	CVB	PPD	COD	CVD

	6146	646	1799	6358	985	1243
	6219	699	1820	6456	1027	1245
Sonuçlar	6700	663	1732	6421	890	1202
	5990	649	1827	6408	904	1235
	5897	664	1634	6483	900	1260
Ortalama	<b>6190,4</b>	<b>664,2</b>	<b>1762,4</b>	<b>6425,2</b>	<b>941,2</b>	<b>1237</b>
Cv	<b>77745,04</b>	<b>354,96</b>	<b>5248,24</b>	<b>1823,76</b>	<b>2996,56</b>	<b>371,60</b>
SS	<b>278,83</b>	<b>18,84</b>	<b>72,44</b>	<b>42,71</b>	<b>54,74</b>	<b>19,28</b>

Çalışmada kullanılan polipropilen, pamuk ve viskon dokuma bez ayağı ve dimi yapıların atkı yönünde yırtılma mukavemeti test değerleri şekil 4.4'de karşılaştırmalı olarak görülmektedir.



Şekil 4.4. Bez ayağı ve dimi kumaşlarda atkı yönünde yırtılma mukavemeti.

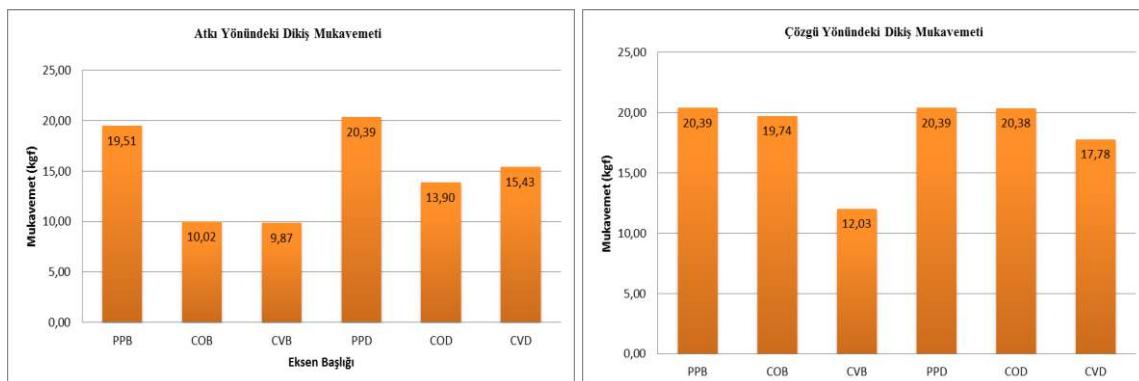
## SONUÇ

3 farklı dokuma hammaddesi ve 2 farklı dokuma çeşidi ile yapılan fiziksel performans ölçüm sonuçları elde edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan bez ayağı ve dimi polipropilen, pamuk ve viskon kumaşların dikiş dayanımı ve yırtılma mukavemeti hem çözgү hem de atkı yönünde deneyel olarak belirlenmiştir. Sonuçlar her bir test için ortalama değerler üzerinden ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Tüm testler ilgili ISO standartında yapılmıştır.

### 5.1. Dokuma Kumaşlarının Dikiş Dayanımı Sonuçları

Dikiş kayması dayanımı hem atkı hem de çözgү yönünde kumaşın 2 doğrultusunda uygulanan bir testtir. Polipropilen, pamuk ve viskon dokuma kumaşların atkı yönündeki dikiş kayması dayanımı polipropilen dokumalarda pamuk ve viskona nazaran oldukça yüksek çıkmış olup, polipropilen yapıların üstünlüğü not edilmiştir. Polipropilen dokumalarda atkı yönündeki dikiş dayanımı  $>20,39$  olup test cihazının maksimum kapasitesinin üzerinde bir değer elde edilmiştir. Giyim üretim teknolojisi bakımında önemli olan bu durum polipropilen dokumaların dikilebilirliği açısından önemlidir. Polipropilen, pamuk ve viskon dokuma kumaşların çözgү yönündeki dikiş kayması dayanımı sonuçları atkı yönündeki dikiş kayması dayanımı sonuçlarından farklı çıkmıştır. Çözgү yönünde dikiş kayması dayanımı pamuk ve viskon kumaşlarda da iyi performanslar göstermiştir. Pamuk ve polipropilen kumaşların dimi örgü yapısında çözgү yönündeki dikiş kayması dayanımı birbirine yakın değerler göstermiştir. Bu durum bez ayağı yapılarında da pamuk ve polipropilen dokuma yapılar için benzer sonuçlar vermiştir. Viskon dokuma yapılarda bez ayağı kumaş yapısının çözgү yönünde dikiş kayması dayanım

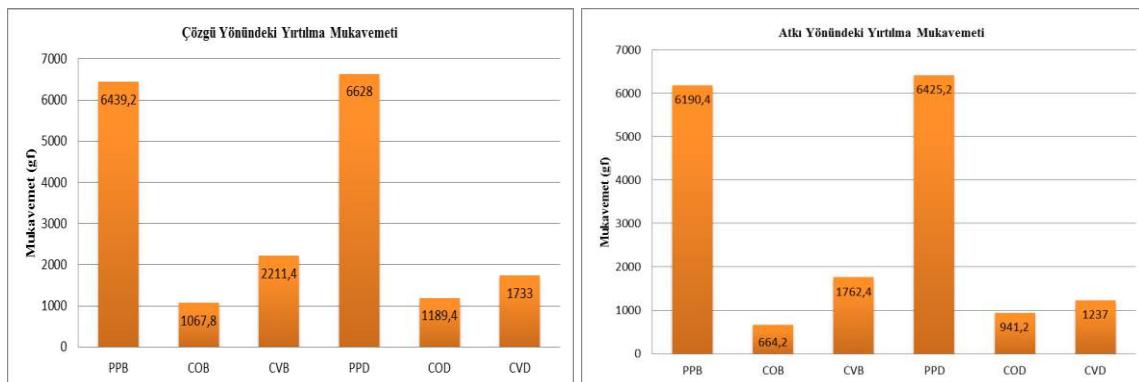
değerleri pamuk ve polipropilen kumaşlardan daha düşük değerlerde çıkmıştır. Ancak dimi kumaş yapısında değerler tüm dokuma hammaddeleri bakımından yakın değerlerdir. Atkı ve çözgü yönünde dikiş dayanımı sonuçları tüm dokular için ve karşılaştırmalı olarak şekil 5.1'de gösterilmiştir.



**Şekil 5.1.** Bez ayağı ve dimi dokuma yapılarının atkı ve çözgü yönündeki dikiş kayması ortalama değerleri.

## 5.2. Dokuma Kumaşlarının Yırtılma Mukavemeti Sonuçları

Dokuma yapılarının çözgü yönünde yırtılma mukavemeti test sonuçlarında polipropilen dokuma kumaşların, pamuk ve viskon dokuma kumaşlara nazaran üstünlüğü görülmüştür. Polipropilen dokuma yapılarının hem bez ayağı hem de dimi dokuma formlarındaki sonuçları, pamuklu dokuma yapılardan yaklaşık 6 kat daha dayanıklı, viskon dokuma yapılardan 3-4 kat daha dayanıklı çıkmıştır. Dokuma yapılarının atkı yönünde yırtılma mukavemeti test sonuçlarında polipropilen dokuma kumaşların, pamuk ve viskon dokuma kumaşlara nazaran üstünlüğü görülmüştür. Polipropilen dokuma yapılarının hem bez ayağı hem de dimi dokuma formlarındaki sonuçları, pamuklu dokuma yapılardan yaklaşık 10 kat daha dayanıklı, viskon dokuma yapılardan 4-5 kat daha dayanıklı çıkmıştır. Dokuma yapılara ait atkı yönündeki yırtılma mukavemet değerleri, çözgü yönündeki yırtılma mukavemet değerlerinden daha düşük çıkmıştır. Bu durum birim alandaki atkı ve çözgü iplik sıklıklarının farklılığından kaynaklanmaktadır. Çözgü ve atkı yönünde dokuma yapılara ait yırtılma mukavemet ortalama değerleri şekil 5.2'de verilmiştir.





**Şekil 5.2.** Bez ayağı ve dimi dokuma yapıların çözgü ve atkı yönündeki yırtılma mukavemeti ortalama değerleri.

## ÖNERİLER

Polipropilen dokuma kumaşların hem hafif olması hem de diğer sentetik elyaflara nazaran ucuz olması nedeniyle birçok teknik tekstil alanında rahatlıkla kullanılabileceği görülmektedir. Bu nedenle polipropilen dokuma yapılar ile ilgili çalışmaların artması gerektiği görülmektedir. Nem çekme özelliğinin %0 olması ve eriyik halde boyama dışında boyanamama zorluğu giderilirse polipropilen hazır giyimde rahatlıkla kullanılabilir. Bu çalışma sonuçları göstermektedir ki polipropilen dokumalar hali, ambalaj ve koruyucu malzeme dışında üst giysi olarak rahatlıkla kullanılabileceğini önermekteyiz.

## KAYNAKLAR

- Atabek Yiğit E., (2009), Polipropilen Elyafının Boyanabilirliğinin İncelenmesi. T.C Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği A.B.D, Doktora Tezi, Sakarya.
- Balcı O., (2003), Kumaş Oluşumu Yapı ve Özellikleri, T.C. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği A.B.D, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Başer İ.;(2002); Elyaf Bilgisi, Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, İstanbul,198s.
- Büyükkıncı B.Yeşim., Özel Yöntemlerle Polipropilen Elyafın Boyanması T.C Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Eğitimi A.B.D, Yüksek Lisans Tezi,2005, İstanbul.
- Cornelia, V., (2000), Handbook of Polyolefins. 2.Edition, Revised and Expanded, New York, NY, USA.
- Çelik N., (2004), "Dokuma Kumaş Analizi" dersi notları, Çukurova Ünv. Tekstil Müh. Bölümü, Adana.
- Çetin, C., (2007), "Dokuma Kumaş Özelliklerinin ve Görmüş Olduğu Mekanik Bitim İşlemlerinin Dokuma Kumaş Mukavemetine Etkisi" İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü,Yüksek Lisans Tezi.
- Dayıoğlu, H, (1983), "Studies of the Incorporation of Basic Sites in-Polypropylene Fibres and of Their Acessibility to Acid Dyes", Doktora tezi. Department of Textile Industries, Leeds University.
- Güleryüz, Ö., (2011), Küresel Gelişmeler Işığında Türkiye'de Tekstil Sektörü ve Geleceği. T.C. Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Tezsiz YüksekLisans Bitirme Projesi, Isparta.
- İlter M., (2015), Tekstil Üretimi ve Yardımcı Kimyasallar Kitapçığı, TMMOB Kimya Mühendisleri Odası, İstanbul .
- ISO 13936-1 standard (2004) Textiles- Determination of the slippage resistance of yarns at a seam in woven fabrics.
- ISO 13937-1 standard (2000) Textiles- Tear properties of fabrics-Determination of tear force using ballistic pendulum method (Elmendorf)
- Karakas, Canbaz, H., (2005), "Polipropilen Lifleri" Tekstil ve Teknik.
- Kiper, M., (1996), Polipropilen Liflerin Özellikleri ve Kullanım Olanakları. İMO İzmir Şubesi Haber Bülteni, İzmir, 64, 21-22.



- Okur, A. (2002), Kumaşların Sürtünme Davranışları Üzerine Bir Araştırma Bölüm II: Viskon Kumaşlarda Bazı Yapısal Özelliklerin Sürtünme Özelliklerine Etkileri. Tekstil Maraton, 12(59): 58-62.
- Özkürkçüler, Ö., (2005), Karaaslan, U., "Polipropilen Lif ve Özellikleri" Tekstil Maraton, 4, 23-25.
- Öztürkmen, A., Gürdiken, A., (2005), Polipropilenin Önlenemeyen Yükselisi, Tekstil Arastırma Dergisi, sayı 2.
- Smirfitt, J.A., (1965), "Worsted 1x1 Rib Fabrics Part II Some Physical Properties" Journal of Textile Institute, 56(6): T298-T313.
- Spruiell, J.E., Bond, E., (1999), Melt Spinning of Polypropylene. J.Karger-Kocsis, Ed., Polypropylene: An A-Z Reference, Kluwer Publishers, Dordrecht.
- Uskaner, Y. A., Uskaner F., Aksoy M., (2000), "Conditioned Air Quench System for Polypropylene Carpet Yarn Spinning Machine" ULIBTK'99, 12. Ulusal Isı Bilimi ve Teknigi Kongresi, pp 265-270, 28-29, Sakarya.
- Uskaner, Y. A., Uskaner F., Aksoy M., (1999), "Polipropilen \_iplik Çekim Ünitesi Tasarımı, \_malatı ve Performans Testleri" 9.Ulusul Makine Teorisi Sempozyumu, pp 35-45, 15-17, Gaziantep.
- Wang, I.-C., (1994), Relationships Between Fibre Formation, Structure and Properties of Polypropylene FibresDepartment of Textile Industries, The University of Leeds.



## PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF WHEY OBTAINED FROM WHITE CHEESE, KASHAR CHEESE AND TULUM CHEESE

Nuray GÜZELER

Cukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Food Engineering, Adana  
nsahan@cu.edu.tr

Murat KALENDER

Cukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Food Engineering, Adana  
mkalender@cu.edu.tr

Firuza KOBOYEVA

Cukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Food Engineering, Adana  
firuza.koboyeva@gmail.com

**ABSTRACT:** Whey is a liquid product which is separated from the curd after breaking during cheese production. Whey which is a dairy by-product is rich in terms of serum proteins and contains lactose, fat, minerals and vitamins with different quantities. Composition and characteristics of whey depend on the quality of milk used for production, the type of the produced cheese and the production technique. 52% of the cheese produced in Turkey is White cheese, 28% is Kashar cheese, 3% is Tulum cheese and the remaining 17% is other kinds of cheese. For this reason in this research, some physicochemical parameters of whey of White cheese, Kashar cheese and Tulum cheese were investigated. Some properties of whey samples were given respectively, pH values were  $5.93 \pm 0.01$ ,  $6.49 \pm 0.01$ ,  $6.33 \pm 0.02$ ; titration acidity in terms of lactic acid were  $0.29 \pm 0.02$  %,  $0.16 \pm 0.01$  %,  $0.15 \pm 0.01$  %, dry matter values were  $6.28 \pm 0.08$  %,  $7.03 \pm 0.07$  %,  $7.42 \pm 0.05$  %; fat contents were  $0.31 \pm 0.02$  %,  $0.95 \pm 0.05$  %,  $0.81 \pm 0.02$  %; protein contents were  $0.66 \pm 0.02$  %,  $0.97 \pm 0.04$  %,  $1.09 \pm 0.03$  %; lactose contents were  $4.84 \pm 0.06$  %,  $4.70 \pm 0.14$  %,  $5.07 \pm 0.09$  %; ash contents were  $0.47 \pm 0.01$  %,  $0.41 \pm 0.03$  %,  $0.44 \pm 0.01$  % and energy contents in terms of kcal/100ml were  $24.80 \pm 0.44$ ,  $31.24 \pm 0.35$ ,  $32.00 \pm 0.15$ . In present research, the differences between pH, titration acidity, fat, protein, ash, lactose values and energy contents of whey were statistically significant ( $p < 0.05$ ).

**Key words:** Whey, physicochemical properties, White cheese, Kashar cheese, Tulum cheese

## BEYAZ, KAŞAR VE TULUM PEYNİRLERİNDEKİ PEYNİRALTI SULARININ FİZİKO-KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

**ÖZET:** Peynir yapımı esnasında, pihti kesimi sonrası pihtıdan ayrılan ve teleme dışında kalan sıvıya peyniraltı suyu (PAS) denir. Serum proteinlerince zengin olan peyniraltı suyu değişen oranlarda; laktوز, yağ, mineral madde ve vitaminleri içeren önemli bir sütçülük yan ürünüdür. Peyniraltı suyunun bileşimi ve karakteristik özellikleri peynir üretiminde kullanılan sütün kalitesine, üretilen peynirin çeşidine ve peynir üretim teknüğine bağlıdır. Türkiye'de üretilen peynirlerin %52'sini Beyaz peynir, %28'ini Kaşar peyniri, %3'ünü Tulum peynirleri ve %17'sini diğer peynirler oluşturmaktadır. Bu nedenle bu araştırmada Beyaz, Kaşar ve Tulum peyniri üretimlerinden arta kalan peyniraltı sularının bazı fiziko-



kimyasal özellikleri incelenmiştir. Peyniraltı sularının ortalama pH değerleri sırasıyla  $5.93 \pm 0.01$ ,  $6.49 \pm 0.04$ ,  $6.33 \pm 0.02$ ; laktik asit cinsinden titrasyon asitliği değerleri  $\%0.29 \pm 0.02$ ,  $\%0.16 \pm 0.01$ ,  $\%0.15 \pm 0.01$ ; kurumadde oranları  $\%6.28 \pm 0.08$ ,  $\%7.03 \pm 0.07$ ,  $\%7.42 \pm 0.06$ ; yağ oranları  $\%0.31 \pm 0.02$ ,  $\%0.95 \pm 0.05$ ,  $\%0.81 \pm 0.02$ ; protein oranları  $\%0.66 \pm 0.02$ ,  $\%0.97 \pm 0.04$ ,  $\%1.09 \pm 0.03$ ; laktوز içerikleri  $\%4.84 \pm 0.06$ ,  $\%4.70 \pm 0.14$ ,  $\%5.07 \pm 0.09$ ; kül oranları  $\%0.47 \pm 0.01$ ,  $\%0.41 \pm 0.03$ ,  $\%0.44 \pm 0.01$  ve enerji değerleri  $24.80 \pm 0.44$ ,  $31.24 \pm 0.35$ ,  $32.00 \pm 0.15$  kcal/100ml olarak bulunmuştur. Yapılan araştırmada peyniraltı sularında pH, titrasyon asitliği, kurumadde, yağ, protein, kül, laktoz ve enerji değerleri arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).

**Anahtar sözcükler:** Peyniraltı suyu, fiziko-kimyasal özellikler, Beyaz peynir, Kaşar peyniri, Tulum peyniri

## GİRİŞ

Asırlardır toplumların beslenmesinde önemli bir yeri olan peynir, içeriği protein, yağ ve mineral maddeler yönünden zengin bir ürün olup farklı kaynaklardan dünyada toplam 2000-4000 arasında çeşidinin olduğu tahmin edilmekte ve her bölgenin kendi damak zevkine uygun değişik çeşitler üretilip tüketilmektedir (ASÜD, 2016). Türkiye'de ise Kafkas Üniversitesi tarafından yapılan bir araştırmaya göre 193'den fazla çeşit peynir üretilmektedir ve bunlardan en popüler olanları Beyaz, Kaşar ve Tulum peynirleridir (Karagözlü ve ark., 2016). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre 2015 yılında toplam peynir üretim miktarı 2011 yılına göre  $\%48.9$  ve 2014 yılına göre  $\%12$  artış göstererek 664 573 ton olmuştur. Üretilen toplam peynir miktarının yaklaşık  $\%52$ 'sini (345 533 ton) Beyaz peynir,  $\%28$ 'ını Kaşar peyniri (186 391 ton),  $\%3$ 'ünü Tulum (19 512 ton) ve  $\%17$ 'sini (113 135 ton) diğer peynirler oluşturmaktadır. 2016 yılında ise Haziran ayında toplam peynir üretimi miktarı 693 720 ton olarak hesaplanmıştır (TÜİK, 2016). Yine TÜİK tarafından, "Peyniraltı suyu ve tadil edilmiş peyniraltı suyu; toz, granül ve diğer katı formlarda (konsantre veya tatlandırıcı bir madde ilave edilmiş olsun veya olmasın)" şeklinde verileri derlenen ürün grubunun 2011 yılı üretim miktarı 91.812 ton iken 2015 yılında 261.943 tona yükselttiği bildirilmiştir (TÜİK, 2016). Türkiye'de peynir ve peyniraltı suyu üretim miktarlarının yıllara göre değişimi Tablo 1'de verilmiştir.

Peyniraltı suyu, peynir mayası kullanılarak peynir yapımı sırasında kazein ve yağın pihti olarak ayrılmasıından sonra, geri kalan ve bileşimi peynir çeşidine ve yapım tekniğine bağlı olarak değişen içeriğindeki süt şekeri laktoz ve serum proteinlerince zengin gıda değeri yüksek kıymetli yeşilimsi-sarı renkli bir sıvıdır (Güzeler ve Esmek, 2014). İngilizcede "Whey", Fransızcada "Lactoserum", Almancada "Molke" olarak adlandırılırken Türkiye'de; Marmara bölgesinde "Sırvatka", Orta Anadolu'da "Sırat", Doğu Anadolu'da "Şor" olarak bilinmektedir (Tan ve ark., 2003; Yerlikaya ve ark., 2010; Şahan ve Konar, 2014). Türk Gıda Kodeksi'ne göre peyniraltı suyu pihti kesimi sonrasında pihtidan ayrılan ve teleme dışında kalan sıvı yan ürün olarak ifade edilmektedir (TGK, 2015).

Çiğ sütten işlenen peynirlerde süt proteinlerinin sadece  $\%75-80$  kadarı peynir kitlesine geçmekte ve geriye kalan süt proteinleri ise peyniraltı suyunda kalmaktadır (Tunçtürk ve ark., 2010). Ekonomik açıdan bakıldığı zaman süt kurumaddesinin yaklaşık yarısını bulunduran peyniraltı sularının değerlendirilmeden dökülmesinin büyük bir kayıp olduğu ortaya çıkmaktadır (Dinçoğlu ve Ardiç, 2012). Peyniraltı suyu kullanım alanları geniş olup,



hayvan beslenmesinde, gıdalarda, kozmetik ürünlerinde ve tipta yaygın şekilde kullanılmaktadır. Peyniraltı suyu proteinlerin de çeşitli hastalıklara karşı iyi yönde etkilediği bildirilmiştir (Alpkent ve Göncü, 2003).

Bu peyniraltı suyu iki farklı şekilde elde edilebilir:

1. Sütün kendi kendine ekşitilmesi veya asit katılarak pihtilaştırılması ile elde edilen pH<5 olan “ekşi peynir suyu” veya “asit peynir suyu”;
2. Sütün maya enzimi ile pihtilaştırılması ile elde edilen peynirlerin artığı ve 5.8 < pH < 6.6 aralığında olan “tatlı peynir suyu” veya “maya peynir suyu” (Dinçoglu ve Ardiç, 2012; Kurt ve Gülmser, 1987; Bayazit ve ark., 2009; Chegini ve Taheri, 2013).

**Tablo 1. Türkiye'de Peynir ve Peyniraltı Suyu Üretim Miktarları (TÜİK, 2016).**

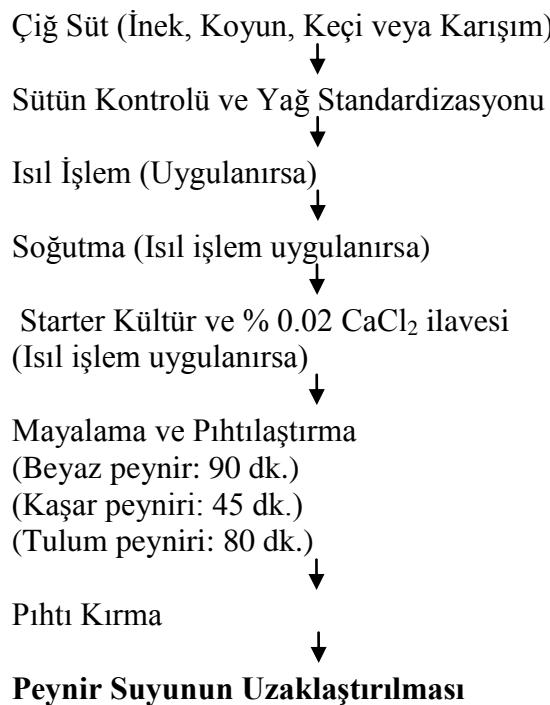
Üretim Miktarı	2011 / Ton	2012 / Ton	2013/ Ton	2014/ Ton	2015/ Ton
Beyaz Peyniri	256.507	275.990	293.087	327.038	345.533
Kaşar Peyniri	117.870	150.319	155.306	167.675	186.391
Tulum Peyniri	11.543	11.117	14.016	14.178	19.512
Taze Peyniri	18.408	21.013	19.090	20.728	27.540
Peyniraltı Suyu*	91.812	196.292	290.085	400.074	261.943
Toplam Peynir ve Lor	446.222	508.496	543.750	593.200	664.573

\* Peyniraltı Suyu ve tadil edilmiş peyniraltı suyu; toz, granül ve diğer katı formlarda (konsantré veya tatlandırıcı bir madde ilave edilmiş olsun veya olmasın)

Türkiye'de en yaygın olarak tüketilen peynir olan Beyaz peynirin üretimi için her türlü süt kullanılabilir. Koyun sütü kullanıldığından 100 kg sütten 27-28 kg peynir, inek sütü kullanıldığından ise 14-15 kg peynir elde edilmektedir (Üçüncü, 2008). Kaşar peynirin temel özelliği, üretim esnasındaki telemenin belirli düzeylerde asitleştirilmesinden sonra sıcak suda haşlanıp yoğunlaşmasıdır (Gönç, 2006). Bu işlemlerin sonucunda dilimlenebilir, yarı sert peynir ortaya çıkmaktadır. Kaşar peyniri üretiminde ortalama her 100 kg sütten 10 – 11 kg peynir ve dolayısıyla 89-90 kg peyniraltı suyu elde edilmektedir (Üçüncü, 2008). Türk Gıda Kodeksi'ne göre Tulum peyniri; Hammaddenin peynir mayası kullanılarak pihtilaştırılması ile elde edilen telemenin fermentasyonunu takiben ufalanıp tuzlanması, daha sonra gıda temasa uygun bir ambalaj malzemesine veya deri tulumlara sıkıca basılarak üretilen ve olgunlaştırıldıktan sonra piyasaya arz edilen çeşidine özgü karakteristik özellikler gösteren peynir olarak tanımlanmaktadır (TGK, 2015). Tulum peynir işlemede her 100 kg karışık yağlı veya yavan sütten ortalama 88-91 kg peyniraltı suyu elde edilmektedir (Sert ve Akin, 2008).

Peyniraltı suyu temel üretim prosesine ait akış şeması Şekil 1'de verilmiştir. Peynir üretimi sırasında, çiğ süt kontrolü gereken yağ bakımından standardize edilir. Standardizasyondan sonra süt işleneceği peynire göre pastörize edilir ve ardından soğutulur. Isıl işlem uygulandığı durumlarda starter kültür ve CaCl<sub>2</sub> ilave edilir. Starter kültür ilave edildikten sonra yumuşak pihti için az miktarda maya uzun süre, sert pihti için ise çok miktarda maya ile kısa süre mayalandırma işlemi yapılır. Ardından kesim olgunluğuna gelen pihti kesilir. Pihti kesim büyülüyü yumuşak peynir üretimi için büyükken, sert peynir üretimi için nispeten

daha küçüktür. Pihtının szüürmesi için bir süre bekletildikten sonra peyniraltı suyu atılmadığı durumlarda diğer ürünlerle (lor peyniri, peyniraltı suyu tozu vb.) işlenmek üzere telemeden uzaklaştırılır.



**Şekil 1. Peyniraltı Sularının Üretim Akış Şeması (Üçüncü, 2008).**

## MATERIAL VE METOT

### Materyal

İncelenmeye alınan Beyaz peynir, Kaşar peyniri ve Tulum peyniri üretimlerinden elde edilen peyniraltı suları Güney Doğu Süt (Adana) işletmesinden temin edilmiştir. Araştırma üç tekerrürlü olarak yapılmıştır.

### Metot

Araştırmada Beyaz peynir, Kaşar peyniri ve Tulum peyniri üretiminde bir yan ürün olarak ortaya çıkan Peyniraltı sularında pH değerleri, Testo (testo ®230, Testo GmbH & Co, Germany) marka dijital pH metre kullanılarak saptanmıştır. Titrasyon asitliği alkali titrasyon yöntem ile saptanmış ve % laktik asit cinsinden ifade edilmiştir. Kurumadde değerleri gravimetrik yöntem kullanılarak belirlenmiş ve sonuçlar % olarak ifade edilmiştir (IDF, 1982). Yağ oranları 0-8 taksimatlı süt bütirometresi ile Gerber yöntemine göre % olarak belirlenmiştir (TSE, 2002). Protein oranları, yaşı yakmaya tabi tutulan örneklerin mikro Kjeldahl yöntemi ile azot miktarlarının saptanması ve bulunan azot miktarının 6.38 faktörü ile çarpılması ile hesaplanmıştır (IDF, 1993). Kül miktarı kül fırınunda  $525\pm25$  °C'de yakılarak belirlenmiştir (AOAC, 2016). Laktoz oranları hesaplama yöntemiyle saptanmıştır. Enerji değerleri yağın dokuzla, karbonhidratın ve proteinin dörtle çarpılması



ile ve elde edilen sonuçların hesaplanmasıyla bulunmuştur ve kcal/100 ml olarak verilmiştir (MEB, 2011).

Üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilen denemede örneklerin fiziko-kimyasal sonuçları SPSS 20.0 paket programı kullanılarak One Way Anova modeline göre istatistiksel analize tabi tutulmuştur. Örnekler arasında farklılık olup olmadığını saptamak için varyans analizi yapılmış ve varyans analizinde önemli olanlar Duncan testine göre  $p<0.05$  düzeyine test edilmiştir (Düzgüneş ve ark., 1987).

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde Beyaz, Kaşar ve Tulum peynirlerinin üretimleri sırasında elde edilen peyniraltı sularının bazı fiziko-kimyasal özellikleri incelenmiş ve yorumlanmıştır. Ortalama bileşimler standart sapmaları ile birlikte Tablo 2'de verilmiştir. Tabloda Beyaz peyniri Peyniraltı suyu BPAS, Kaşar peyniri Peyniraltı suyu KPAS ve Tulum peyniri Peyniraltı suyu TPAS olarak tanımlanmıştır.

Tablo 2. Beyaz, Kaşar ve Tulum Peynirden Elde Edilen Peyniraltı Sularının Fiziko-kimyasal Özellikleri

Özellikler	BPAS	KPAS	TPAS
pH	5.93±0.01 <sup>c</sup>	6.49±0.04 <sup>a</sup>	6.33±0.02 <sup>b</sup>
Titrasyon Asitliği (% L. a.)	0.29±0.02 <sup>a</sup>	0.16±0.01 <sup>b</sup>	0.15±0.01 <sup>b</sup>
Kurumadde (%)	6.28±0.08 <sup>c</sup>	7.03±0.07 <sup>b</sup>	7.42±0.06 <sup>a</sup>
Yağ (%)	0.31±0.02 <sup>c</sup>	0.95±0.05 <sup>a</sup>	0.81±0.02 <sup>b</sup>
Protein (%)	0.66±0.02 <sup>c</sup>	0.97±0.04 <sup>b</sup>	1.09±0.03 <sup>a</sup>
Laktoz (%)	4.84±0.06 <sup>b</sup>	4.70±0.14 <sup>b</sup>	5.07±0.09 <sup>a</sup>
Kül (%)	0.47±0.01 <sup>a</sup>	0.41±0.03 <sup>b</sup>	0.44±0.01 <sup>ab</sup>
Enerji Değeri (kcal/100 ml)	24.80±0.44 <sup>c</sup>	31.24±0.35 <sup>b</sup>	32.00±0.15 <sup>a</sup>

a, b, c: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden  $p<0.05$  düzeyinde farklıdır.

Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği'nde peyniraltı suyunun özelliklerine yönelik herhangi bir değer verilmemiştir. Bu nedenle bu araştırmada fiziko-kimyasal analiz sonuçları daha önce peyniraltı suyu üzerine yapılan çalışmalarla bulunan değerlerle kıyaslanarak yorumlanmıştır.

pH değeri gıdanın kalitesi ve randımanı hakkında önemli bilgileri vermektedir. Süt ve süt ürünleri üretiminde asitliğin gelişebileceği her durumda pH ölçümü tespit edilmelidir (Çetiner, 2017). Gıdaya uygulanması gereken işlem koşullarının saptanması onun pH derecesi ve asitliği bilinmeden nerdeyse imkansız gelmektedir (Say, 2008). Tablo 2 incelendiğinde en yüksek pH değeri Kaşar peyniri peyniraltı sularında ortalama olarak 6.49 olurken en düşük değerler Beyaz peynir peyniraltı sularında 5.93 olarak tespit edilmiştir. Daha önce belirtildiği gibi pH değeri 5'ten fazla olan peyniraltı suları tatlı peyniraltı suları olarak nitelendirilmektedir, dolayısıyla incelenen peyniraltı suları bu grupta yer almaktadır (Kurt ve Gülmser, 1987; Bayazit ve ark., 2009; Dinçoglu ve Ardiç, 2012; Chegini ve Taheri, 2013).



Karaca (2007) tarafından yapılan bir araştırmada mikrobiyolojik kaynaklı proteolitik ve lipopolitik enzim kullanımının kontrol grubuna ait olan Beyaz peyniri peyniraltı sularının pH değerleri, % kurumadde oranı, titrasyon asitliği (SH), % yağ, % protein ve % laktوز oranları sırası ile  $5.63\pm0.023$ ,  $6.52\pm0.077$ ,  $8.74\pm0.120$ ,  $0.25\pm0.032$ ,  $0.91\pm0.008$ ,  $4.27\pm0.211$  olarak bulunmuştur. Araştırmanın sonucunda farklı enzimlerin kullanımı peynirlerin ve peyniraltı sularının fiziko-kimyasal ve duyusal özelliklerine etki gösterdiği bildirilmiştir.

Erbay ve Koca (2015) tarafından Beyaz peynir tozunun üretim esnasında hammaddeye peyniraltı suyunun veya maltodekstrin ilavesinin, depolama boyunca fiziksel kalitesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Sonuç olarak Peyniraltı sularının ve maltodekstrinin kullanılması durumunda Beyaz peynir tozunun üretim maliyetini düşürerek fiziksel kalitesini iyi yönde etkilediği bildirilmiştir. Yapılan araştırmada peyniraltı sularının pH değerleri, % nem oranları, % yağ, % kül, % tuz ve % laktik asit cinsinden titrasyon asitliği ortalama değerleri sırası ile  $5.91\pm0.01$ ,  $93.64\pm0.01$ ,  $0.40\pm0.00$ ,  $0.43\pm0.01$ ,  $0.34\pm0.01$  ve  $0.18\pm0.01$  olarak bulunmuştur.

Kaşar peyniri üretimi sırasında elde edilen peyniraltı sularında ise; Yaşar (2007), Buzağı renneti, Rekombinant kimozin, *Rhizomucor miehei* proteazı ve *Cryphonectria parasitica* proteazı ile pihtilaştırılan telemelerin ve bu telemelere ait peyniraltı sularının pH değerleri, titrasyon asitliği değerleri, kurumadde oranları ve yağ oranları arasında önemli bir farklılığın olmadığını bildirmiştir.

Güven (1993) tarafından Tulum peynirlerinin fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal özellikleri incelenmiştir. Bu özelliklere süt çeşidinin (inek, koyun ve keçi), yaygın olarak kullanılan farklı ambalaj materyallerinin (keçi derisi ve polietilen) ve olgunlaşma süresinin olası etkileri araştırılmıştır. Araştırma sonucunda bu faktörlerin Tulum peynirinin bazı özellikleri üzerine istatistiksel açıdan önemli düzeyde etkili olduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışmada arta kalan peyniraltı suyunun pH değeri  $6.42\pm0.03$  olarak bulunmuştur. Bu araştırmada Beyaz peyniri ve Tulum peyniri peyniraltı sularında elde edilen pH değerleri bahsedilen araştırmacıların bulmuş oldukları pH değerleriyle benzerlik göstermektedir. Fakat Kaşar peyniri peyniraltı sularında saptanan değerler (Tablo 2) diğer araştırmalarda ortalama 4.77 (Yaşar, 2007), 5.00 (Say, 2008) olarak bulunan değerlerden daha yüksek bulunmuştur.

Gıdalarda diğer en çok ölçülen ve en önemli özelliklerden birisi de asitlidir (Gıda Gündemi, 2017). Tablo 2'de görüldüğü gibi Beyaz, Kaşar ve Tulum peynirlerden elde edilen peyniraltı sularının % laktik asit cinsinden titrasyon asitliği oranları birbirinden farklı değerler almıştır. En yüksek titrasyon asitliği değerine Beyaz peyniri peyniraltı suyu %0.29 olarak ve en düşük oranına %0.15 olup Tulum peyniri peyniraltı suyu sahip olmuştur. Kaşar peyniri peyniraltı suyunda ise %0.16 olarak tespit edilmiştir. Bu değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunurken ( $p<0.05$ ) Kaşar ve Tulum peynirlerine ait peyniraltı sularının arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ( $p>0.05$ ).

Kurumadde oranlarına bakıldığı zaman en yüksek değerine %7.42 TPAS sahip olurken, en düşük değere %6.28 BPAS sahip olmuştur (Tablo 2). Bunun sebebi ise Tulum peynirinin diğer peynirlerle kıyasla kurumadde oranının daha yüksek olmasından kaynaklandığı



düşünülmektedir. BPAS'ına ait kurumadde değerler Karaca'nın (2007) belirlediği ortalama %6.52, Erbay ve Koca'nın (2015) bulduğu değerlerinden daha düşük olduğu saptanmıştır. Fakat Karaca ve Güven (2004)'in Beyaz peyniri peyniraltı sularında bulduğu ortalama  $\%5.88 \pm 0.66$  değerlerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. KPAS'ında bulunan değerler Yaşar'ın (2007) bulmuş olduğu %6.93, Çürük'ün (2006) belirlediği %7.08 değerlerle benzerlik gösterirken, Say'ın (2008) saptadığı %6.59 değerinden daha yüksek bulunmuştur. TPAS'ında bulunan kurumadde değerleri Güven'in (1993) bulmuş olduğu  $\%7.20 \pm 0.11$  değerinden daha yüksek görünürken Sert'in (2011) belirlediği  $\%7.62 \pm 0.04$  değerinden daha düşük bulunmuştur.

Beslenmede süt proteini sütün en değerli bileşeni olmasına rağmen, ekonomik ve teknolojik önemi nedeniyle, süt yağı da genellikle sütün en değerli maddesi olarak kabul edilir. Süt yağı fiziksel özellikleri nedeniyle, süt ürünlerinin kalitesini olumlu yönde etkilemektedir. Ayrıca bileşiminde olan esansiyel yağ asitleri, orta karbon zincirli yağ asitleri, vitaminler, sindiriminin kolay olması ve sağladığı enerji nedeniyle beslenme fizyolojisi açısından da önemlidir (Metin, 2009). Araştırmada incelenen peyniraltı sularının yağ değerleri sırası ile %0.31, %0.95, %0.42 olarak bulunmuştur. Bu değerler arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Kaşar peynirinin yağ oranının diğer peynirlerle kıyasla daha yüksek olması peyniraltı sularına doğrudan etki göstermektedir. BPAS'nda bulunan bu değerler Erbay ve Koca'nın (2015) belirlediği %0.40, Karaca'nın (2007) bulduğu %0.75 değerlerinden daha düşük bulunurken, Kaya Yaşar'ın (2011) tespit ettiği %0.13 değerinden daha yüksek çıkmıştır. Kaşar PAS'nda elde edilen değerler Çürük'ün (2006) bulduğu %0.96 ile uyumlu olurken, Say'ın (2008) belirlediği  $\%0.7 \pm 0.115$  ve Yaşar'ın (2007) bulduğu %0.85 oranlarından daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Tulum PAS'nda bulunan değerler Sert'in (2011) tespit ettiği  $\%0.82 \pm 0.03$  değeri ile benzerlik gösterirken Güven'in (1993) belirlediği  $\%0.88 \pm 0.06$  değerinden daha düşük bulunmuştur.

Gidalarda kullanılan peyniraltı suyu proteinlerinin köpük, jel emülsiyon ve lif oluşturma, su bağlama, çözünürlük ve kıvam verme gibi fonksiyonel özelliklerinden faydalananmaktadır (Özen ve Kılıç, 2007). Emülsiyon stabilitesi ve kapasitesinin yüksek olması nedeniyle, peyniraltı suyunda bulunan proteinlerin yağ oranı yüksek olan kremalarda, krem peynirlerde, mayonezlerde, salata ve et sosları gibi ürünlerin üretiminde kullanımı yaygınlaşmaktadır (Özen ve Kılıç, 2007). Bileşim olarak süte benzerlik gösteren peyniraltı suyunda %0.5 -1.0 gibi düşük oranlarda protein bulunmasına rağmen, bunların  $\alpha$ -laktoalbumin,  $\beta$ -laktoglobulin, serum albümini ve globülinlerinden oluşması onu değerli bir ürün haline getirmektedir (Mete, 2012). Araştırmada Beyaz, Kaşar ve Tulum peynirlerden arta kalan peyniraltı sularının protein değerleri sırası ile %0.66, %0.97 ve %1.09 olarak bulunmuştur ve bu değerler arasındaki fark istatistik açıdan önemli bulunmuştur( $p<0.05$ ). Tulum peyniri peyniraltı suyunun protein değerinin yüksek olması Tulum peynirinin diğer peynirlerle kıyasla en yüksek protein içeriğine sahip olmasından kaynaklandığı ileri gelmektedir. BPAS'nda bulunan değerler Erbay ve Koca'nın (2015) bulduğu  $\%0.64 \pm 0.02$  değerle yakınlık göstermektedir. Fakat diğer araştırmada (Karaca, 2007) %0.91 olarak bulunan değerden daha düşük olduğu belirlenmiştir. KPAS'ında %0.97 olarak bulunan değer Çürük'ün (2006) ve Yaşar'ın (2007) belirlediği %0.96 değerlerle benzerlik göstermektedir. TPAS'ının protein değerleri Güven'in (1993) bulduğu  $\%0.64 \pm 0.10$  oranlarından daha yüksek görülrken Sert'in (2011) elde ettiği %1.15±0.09 değerlere yakınlık göstermiştir.



Doğada sadece sütte bulunan ve sütün tek karbonhidratı olan laktوز süt endüstrisi için önemli bir madde ve materyalidir (Kılıç, 2010). Çok önemli bir enerji kaynağı olup peyniraltı suyu kuru maddesinin ana bileşenidir (yaklaşık %70) (Yerlikaya ve ark., 2010). Tüm canlıların metabolizmasında önemli rol oynayan madde grubu karbonhidratlardır. Proteinler hayvanlar için ne kadar önemliyse karbonhidratlar da bitkilerin temel maddeleridir (Metin, 2009). Araştırmada incelenen Beyaz, Kaşar ve Tulum peynirlerine ait peyniraltı sularının laktoz oranları sırası ile %4.84, %4.70 ve %5.07 olarak bulunmuştur. Bu değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Beyaz peyniri peyniraltı suları üzerine yapılan çalışmalarla laktoz oranı %4.25 (Karaca, 2007) olarak tespit edilen değerlerle kıyasla bu araştırmada bulunan değerler benzerlik göstermektedir. Bilindiği üzere peyniraltı suyunda laktoz oranı %4.6 - 5.2 arasında ise tatlı peyniraltı suyu; % 4.4 – 4.6 arasında ise ekşi peyniraltı suyu olarak adlandırılmaktadır (Dinçoğlu ve Ardiç, 2012). Dolayısıyla bu araştırmada incelenen peyniraltı suları laktoz değerlerinin yanı sıra pH değerlerine göre de tatlı peyniraltı suları grubuna dahil edilmektedir.

Bilindiği gibi süt ve ürünleri, kemiklerin yapısında çok önemli rol üstlenen kalsiyum ve fosforu yeterli miktarda içermektedir. Süt ürünlerinin bileşiminde miktarca az olmasına rağmen önemli görevleri olan makro ve mikro düzeyde katyon ve anyonlardan oluşan mineral maddeler vardır. Bunlar da süt külü olarak adlandırılmaktadır. Makro elementler insan ve hayvan beslenmesi ve sağlığı açısından çok önemli besin öğelerinden biridir (Metin, 2009). Bu araştırmada Beyaz, Kaşar ve Tulum peynirlerin üretim esnasında peyniraltı sularına geçen kül miktarları belirlenmiştir. Tablo 2'de görüldüğü üzere peyniraltı sularının kül miktarları sırası ile %0.47, %0.41 ve %0.44 olarak bulunmuştur. BPAS ve KPAS'larının kül değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Fakat Tulumdan elde edilen PAS Beyaz peyniri PAS ve Kaşar peyniri PAS ile kıyasla istatistik açıdan fark önemli düzeyde bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). BPAS'ına ait kül miktarlarının %0.43 olarak bulunduğu bir araştırma ile benzerlik göstermektedir (Çetiner, 2017). Aynı araştırmada Beyaz peynir peyniraltı suyunun kül miktarı %0.58 olarak tespit edilmiş (Erbay ve Koca, 2015) ancak bir başka araştırmada bu değer %0.37 olarak bulunmuştur (Eckert ve Serpa, 2017).

Araştırmada incelenen Beyaz, Kaşar ve Tulum peynirlerinden elde edilen peyniraltı sularının enerji değerleri sırası ile 24.67, 32.08 ve 26.38 kcal/100ml olarak bulunmuştur. Görüldüğü üzere peyniraltı sularında düşük kalori bulunmaktadır bu da onun sağlıklı beslenme için uygun bir gıda olduğu göstermektedir.

## SONUÇ

Bu araştırmada Beyaz, Kaşar ve Tulum peynirlerinden elde edilen peyniraltı sularının pH, % laktik asit cinsinden titrasyon asitliği, % kurumadde, % yağ, % protein, % laktoz, % kül ve enerji değerleri (kcal/100ml) incelenmiştir. İncelenen özellikler arasındaki farkın istatistik açıdan önemli olduğu sonucuna varılmıştır ( $p<0.05$ ). Her peynir çeşidinin üretiminde kullanılan hammadde ve uygulanan teknik önemli rol oynamaktadır. Peynir üretim sırasında ortaya çıkan peyniraltı suyunu da doğrudan etkilemektedir. Araştırma sonucunda da görüldüğü gibi peyniraltı suyu yüksek besin değerine sahip ve bileşimi sütün bileşimine oldukça yakındır. Peyniraltı suyundan farklı değerlendirme yöntemleri kullanılarak besin değeri yüksek yeni ürünler elde edilerek desteklenmesi uygun görülmüştür.



## KAYNAKLAR

- Alpkent, Z., Göncü, A. (2003). Peynir suyu ve peynir suyu proteinlerinin gıda, kozmetik ve tıp alanlarında kullanımı. *3.Gıda Mühendisliği Dergisi. Sayı: 15.*
- AOAC, (2016). Ash of Dried Milk. Official methods of analysis of AOAC INTERNATIONAL, 20th Ed.
- ASÜD, (2016). Süt ve Süt Ürünleri Üretimi 2015. *Ambalajlı Süt ve Süt Ürünleri Sanayicileri Derneği.* Erişim: <https://www.asuder.org.tr/veriler/turkiyede-sut-ve-sut-urunleri/sut-urunleri-uretimi-2015/>
- Bayazit, A., Özcan, T. & Ersan, L. (2009). Membrane processes in production of functional whey components. *Mljekarstvo*, 59 (4): 282- 288.
- Chegini, G. & Taheri, M. (2013). Whey powder: process technology and physical properties: A Review. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 13 (10), 1377-1387.
- Çetiner, Ş. (2017). Sütten örnek alma ve duyusal özelliklerin tespiti.
- Çürük, M. (2006). Kaşar benzeri peynirlerin bazı özellikleri üzerine eritme tuzu kullanımının ve olgunlaşma süresinin etkileri. Çukurova Üniversitesi, Doktora Tezi, Adana, s.89.
- Dişçoğlu, A.H., Ardışç, M. (2012). Peynir altı suyunun beslenmemizdeki önemi ve kullanım olanakları. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. 1 (1), 54-60.
- Düzgüneş, O., Kesici, F., Kavuncu, O. ve Gürbüz, F. (1987). Araştırma ve deneme metotları (İstatistik metotları 2). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara, 1021: 381.
- Eckert, C., Serpa, V.G., Felipe dos Santos, A. C., Marines da Costa, S., Dalpubel, V., Neutzling Lehn & Volken de Souza, C. F. (2017). Microencapsulation of lactobacillus plantarum ATCC 8014 through spray drying and using dairy whey as wall materials. *LWT - Food Science and Technology*, 82, 176-183.
- Erbay, Z. & Koca, N. (2015). Effects of whey or maltodextrin addition during production on physical quality of white cheese during storage. *Journal of Dairy Science*, 98, 8391-8404.
- Gıda Gündemi, (2017). Gıda Gündemi Sektörün Bilgi ve Haber Kaynağı Forumu, Kimyasal Analizler. pH ve asitlik. Erişim: <http://forum.gidagundemi.com/ph-ve-titrasyon-asitligi-t17158.html>
- Gönç, S., Dinkçi, N. (2006). Klasik Kaşar peyniri ve eritme tuzları kullanılarak yapılan kaşar benzeri peynirlerin ayırt edilmesine uygun parametrelerin belirlenmesi. Türkiye 9. Gıda Kongresi, Bolu, 661- 664.
- Güven, M. (1993). İnek, koyun ve keçi sütlerinden üretilen ve farklı materyallerde olgunlaştırılan Tulum peynirlerinin özellikleri üzerinde karşılaştırılmalı bir araştırma. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi.
- Güzeler, N., Esmek, E.M. (2014). Kefir kültürü kullanılarak üretilen peynir altı sulu içeceğin bazı özellikleri ve depolama süresinin etkisi. *Ç.Ü.Z.F. Dergisi*, 29 (2): 29-42.
- IDF, (1993). Milk - Determination of nitrogen content. IDF 20B, International Dairy Federation: 41, Brussels, Belgium, s. 12.
- Karaca, O.B., Güven, M. (2004). Mikrobiyolojik kaynaklı proteolitik ve lipolitik enzim kullanımının Beyaz peynirlerin özellikleri ve olgunlaşma hızları üzerine etkileri. *Gıda Dergisi*. 29 (3), 239-348.



- Karaca, O.B. (2007). Mikrobiyolojik kaynaklı proteolitik ve lipolitik enzim kullanımının Beyaz peynirlerin özellikleri ve olgunlaşma hızları üzerine etkileri. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi.
- Karagözlü, C., Yerlikaya, O., Akğınar, A., Ünal, G., Ergönül, B., Ender, G., Uysal, H. (2016). Cholesterol levels and some nutritional parametrs of traditional cheese in Turkey. Ege Univ. Ziraat Fak.Derg, 53(2): 161-168.
- Kaya Yaşar, E. (2011). Beyaz peynir üretiminde rennet macunu kullanımı ve peynir kalitesi üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi.
- Kılıç, S., (2010). Süt Mikrobiyolojisi. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Süt Teknolojisi Bölümü, Sidas Medya Ltd.Şti. No: 006-1B, İzmir, s. 77.
- Kurt, A., Gülmüşer, S. (1987). Peynir suyu ve kullanım imkanları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 18(1-4): 133-141.
- MEB, (2011). Enerji hesaplamaları. Aile ve Tüketiciler Hizmetleri, T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara.
- Mete, H. (2012). Peynir altı suyu'nun ekmekçilikte değerlendirilmesi ve ekonomik önemi. Tekirdağ S.M.M.M. Odası Sosyal Bilimler Dergisi, Sayı 1, 06.
- Metin, M. (2009). Süt yapısı ve özellikleri, Bornova, İzmir. Ege Meslek Yüksekokulu Yayınları, EGE Üniversitesi Basimevi, No:28, 2. Baskı.
- Özen, A. E., Kılıç, M. (2007). Peynir altı suyundan elde edilen serum proteinlerinin fonksiyonel özellikleri. Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, (3), 45-49.
- Say, D. (2008). Haşlama suyunun tuz konsantrasyonu ve depolama süresinin Kaşar peynirinin özellikleri üzerine etkileri. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sert, D., Akın, N. (2008). Türkiye'de bazı önemli Tulum peyniri çeşitlerinin geleneksel üretim metotları. Türkiye 10. Gıda Kongresi, Erzurum, 717-720.
- Sert, D. (2011). Geleneksel yöntemle üretilen tulum peynirlerinde kullanılan sütün orijinine bağlı olarak olgunlaşma esnasında meydana gelen bazı değişimlerin belirlenmesi. Doktora Tezi. Selçuk Üniversitesi.
- Şahan, N., Konar, A. (1995). Peynire işlenecek süte uygulanan farklı işlemlerin peynir suyu niteliğine etkisi, Gıda Dergisi, 20 (3): 143-147.
- Tan, G., Ömeroğlu, S., Balıkçı, U. (2003). Sütçülük yan ürünleri. Gıda Dergisi, 28 (3): 323-330.
- TGK, 2015. Türk Gıda Kodeksi. Peynir Tebliği (Tebliğ No: 2015/6). Resmi Gazete, Sayı: 29261, 8 Şubat 2015.
- TÜİK, (2016). Sanayi ürünleri yıllık üretim ve satış istatistikleri. *Türkiye İstatistik Kurumu*. Ankara. Erişim: Haziran 2016, [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1066](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1066)
- TSE, (2002) TS 1018 Çiğ Süt Standardı. Türk Standartları Enstitüsü. Necatibey Caddesi, 112. Bakanlıklar, Ankara. s.9.
- Tunçtürk, Y., Ocak, E., Zorba, Ö. (2010). Farklı homojenizasyon basıncı derecelerinin Kaşar peynirinin kimyasal, biyokimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal özelliklerine etkisi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 20 (2): 88-99.
- Üçüncü, M. (2008). *A'dan Z'ye Peynir Teknolojisi. Cilt II. İzmir. Meta Basım.*
- Yaşar, K. (2007). Farklı pihtilaştırmacı kullanımının ve olgunlaşma süresinin kaşar peynirinin özellikleri üzerine etkisi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Yerlikaya, O., Kınık, Ö., Akbulut, N. (2010). Peyniraltı suyunun fonksiyonel özellikleri ve peyniraltı suyu kullanılarak üretilen yeni nesil süt ürünlerini. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Süt Teknolojisi Bölümü, İzmir. Gıda Dergisi. 35 (4): 289-296.



## REMOVAL OF HAZARDOUS DYES BY USING *MORINGA OLEIFERA* SEEDS

Ahmed Ismail\*, Abuzer Çelekli\*<sup>1</sup>

\* Department of Biochemical Science and Technology, Faculty of Natural and Applied Science, University of Gaziantep, Gaziantep, Turkey

\*<sup>1</sup> Department of Biology, Faculty of Art and Science, University of Gaziantep, Gaziantep, Turkey, ahmet.ismail119@gmail.com, celekli.a@gmail.com

**ABSTRACT:** Miracle tree (*Moringa oleifera*) seed has been found useful both economically and medicinally. *M. oleifera* is a natural plant which is indigenous to the South Asia. It's has active bio-coagulate compounds that can be used for water purification since it reduces the use of chemical coagulants. In recent years, there are more than 717 textile industry organizations registered in the chamber of Industry and commerce in Gaziantep including cotton and acrylic production, carpet blanket production, sack and fiber production, home textile production, synthetic and ready-to-wear products production, cotton knitting and weaving and textile dyeing. Increasing levels of dye and dyestuffs which may be toxic and even carcinogenic for aquatic life. Charges of such wastewater into receiving waters cause to damage ecological balance on affecting photosynthetic activity due to reduction of light penetration. The aqueous solution of *Moringa* seed is a heterogeneous complex mixture having various functional groups, mainly low molecular weight organic acids (amino acids). These amino acids have been found to constitute a physiologically active group of binding agents, working even at a low concentration, which because of the ability to interact with metal ions is likely to increase the sorption of metal ions. The proteinaceous amino acids have a variety of structurally related pH dependent properties, generating a negatively charged atmosphere and play an important role in the binding of metals.

Keyword: *Moringa oleifera*, Reactive red 120, Dyes, Wastewater, Purification.



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



## THE COMPARISON OF THE PERFORMANCE OF FUEL OIL AND DIESEL EQUIPPED EQUIPMENTS IN THERMAL POWER PLANT IN TRNC BY USING EXERGY ANALYSIS

Bektaş, G

Kyrenia University, Maritime Engineering Department, [gulsumbektas@hotmail.com](mailto:gulsumbektas@hotmail.com)

**ABSTRACT:** In this work, the comparison of fuel equipped and diesel equipped engines of Teknecik Thermal Power Plant at Kyrenia, Northern Turkish Republic of Cyprus by applying energy and exergy analysis was conducted to calculate the energy and exergy efficiencies of the system. The calculations were performed using actual plant operational data. The data were collected from the plant by us. The heat and exergy losses were determined in each system. The systems are *Steam Turbine Generator, Draught system, Feed Water and Cooling Water System* in thermal equipped part and *Water Jacket Cooling System, Starting Air System, Fuel System, Lubrication Oil System and Turbocharger System* of diesel engine n° 3 . According to the operational data obtained from Teknecik Thermal Power Plant, a 40 MW Steam Turbine Generator is in charge.

The performances are compared although energy efficiency is a bit lower in diesel engine, the exergetic performance is found to be greater. This study reflects the result that replacing fuel equipped engines with diesel equipped ones will be feasible.

**Keywords:** *energy, exergy analysis, exergy efficiency, thermal power plant, steam turbine*

### 1.0 INTRODUCTION

The rising costs of energy and global warming in recent years have highlighted the need to develop energy systems to increase efficiency. As many scientists indicate, exergy analysis is the best way to investigate the performance of a system thermodynamically.

In this work, the comparison of fuel equipped and diesel equipped engines of Teknecik Thermal Power Plant at Kyrenia, Northern Turkish Republic of Cyprus by applying energy and exergy analysis was conducted to calculate the energy and exergy efficiencies of the system.

Nowadays, the world is changing rapidly due to the increasing wealth and size of the population. There is a growing need for more efficient and therefore sustainable production processes. Since all energy resources lead to some environmental impacts, increased energy efficiency in systems plays a crucial role in efficient energy utilizations. Increased efficiency can often contribute in a major way to achieving energy security in an environmentally acceptable way by the direct reduction of irreversibilities that might otherwise have occurred. Therefore, exergy method gains importance because, the main purpose of exergy analysis is to detect and evaluate quantitatively the causes of the thermodynamic imperfections of thermal and chemical processes.

Studies of energy and exergy analyses for power generation systems are of scientific interest and also essential for the efficient utilization of energy resources. For this reason, the exergy analysis has drawn much attention by scientists and system designers in recent years. Some devoted their studies to component exergy analyses [1,2] and efficiency improvement [3]. Efficiency is one of the most frequently used terms in thermodynamics,



and it indicates how well an energy conversion or process is accomplished. Efficiency is also one of the most frequently misused terms in thermodynamics and is often a source of misunderstanding. This is because efficiency is often used without being properly defined first [4]. Efficiency traditionally has been primarily defined based on the first law (i.e., energy). In recent decades, exergy analysis has found increasingly widespread acceptance as a useful tool in the design, assessment, optimization and improvement of energy systems [5:7]. Determining exergy efficiencies for an overall system and/or the individual components making up the system constitutes a major part of exergy analysis. A comprehensive analysis of a thermodynamic system includes both energy and exergy analyses in order to obtain a more complete picture of system behaviour.

During the past decade, many studies have been undertaken by the researchers to investigate thermodynamic aspects of thermal systems and processes.

Gemci T. And Öztürk A. conducted energy and exergy analyses of the sulphide-pulp preparation process used at the SEKA-Izmit Pulp and Paper Mill in Turkey. The energy and exergy analysis of pyrite reactor, waste heat recovery boiler, washing tower and gas cooler are performed [14].

Muangnoi and et al. used an exergy analysis to indicate exergy and exergy destruction of water and air flowing through the cooling tower. One important observation from this study is that the choice of the ambient conditions (dry and wet bulb temperatures) affects the results of exergy analysis quite strongly [2].

G. Bektaş and F. Balkan performed energy and exergy analysis of a Sulfation Unit in a Powder Detergent Plant. The effect of some system parameters on both energy and exergy efficiencies investigated. Overall exergy efficiencies are found 0.73 and 0.56 respectively [12].

Regulagadda et al. [3] performed a thermodynamic analysis of a subcritical boiler-turbine generator for a 32 MW coal fired power plant. Energy and exergy equation governing the cycle are established. A parametric study is conducted for a range of operating variables. That permits to define the optimum parameters leading to the best plant performances. The boiler and turbine engender the maximum exergy destruction rates in the power plant. The identification of the exergy losses in the different cycles has permitted to develop an environmental impact and sustainability analysis.

A comparison between nine coal-fired power plants in Turkey is conducted by [4]. For each plant a calculation model is proposed and the mass, energy and exergy balances are established. That permits to determine the energy and exergy efficiency as well the exergy destruction rate of each component. A comparison is then accomplished between the considered power plants. The obtained results may constitute helpful tools for further investigations in the field of energetic and exergetic industrial power plant analysis.

## 2.0.CASE STUDY

### 2.1. FOR FUEL EQUIPPED OPERATION



**Figure 1.** Steam Turbine and Boiler Section of Teknecik Thermal Power Plant

In this study, Thermal Power Plant of Teknecik is investigated. As shown in Fig.1., the plant consist of three main sections which are Steam Turbine Generator, Draught and Feed Water and Cooling Water Systems. Operational data was obtained from plant by using either the plant daily control room data or it is measured manually.

## 2.1. Steam Turbine Generator System

In Steam Turbine Generator section:

Compressed water is fed to the boiler drum by means of a throttling valve which controls the flowrate of the stream.

In the economizer the compressed water from throttling valve is heated by using exhaust gases and fed to the boiler drum where it changes the phase from liquid to vapour.

In the drum the energy from fuel, which is obtained in the boiler, is used to take places the phase change. Six burners are placed on the body of the boiler in a group design. In each group, two burners are together and there are three groups.

After the drum, the saturated water flows through two superheaters and it become superheated steam.

Superheated steam is supplied to the steam turbine generator where 40 MW work is obtained. The unused steam streams also leave the turbine and they are used in different equipments as heating agent.

## 2.2. Draught System



The flowsheet of draught system is shown also in Fig. 3. This system is because of heating of air which is used in the burners.

Atmospheric air is supplied by means of the air fans. Two air fans are operative in the system. The one which is connected to the operative boiler is in charge while burning. The air firstly heated in the preheaters by using aux. (used) steam.

Then it is fed to the rotary heaters where heat exchange is generated between exhaust gases and air. When leaving the rotary heaters it is ready for burning operation.

### 2.3. Feed Water and Cooling Water System

As shown in Fig. 4., combination of three systems is explained. The aux. (used) steam which are used in the system is condensed by using sea water. Sea water is pumped to the condenser by using sea water pumps. The steam condenses and loses energy to the sea water, the temperature of the sea water increases. The condensate water is sent to the feed water tank by means of condensate pumps.

The condensate follows the following route:

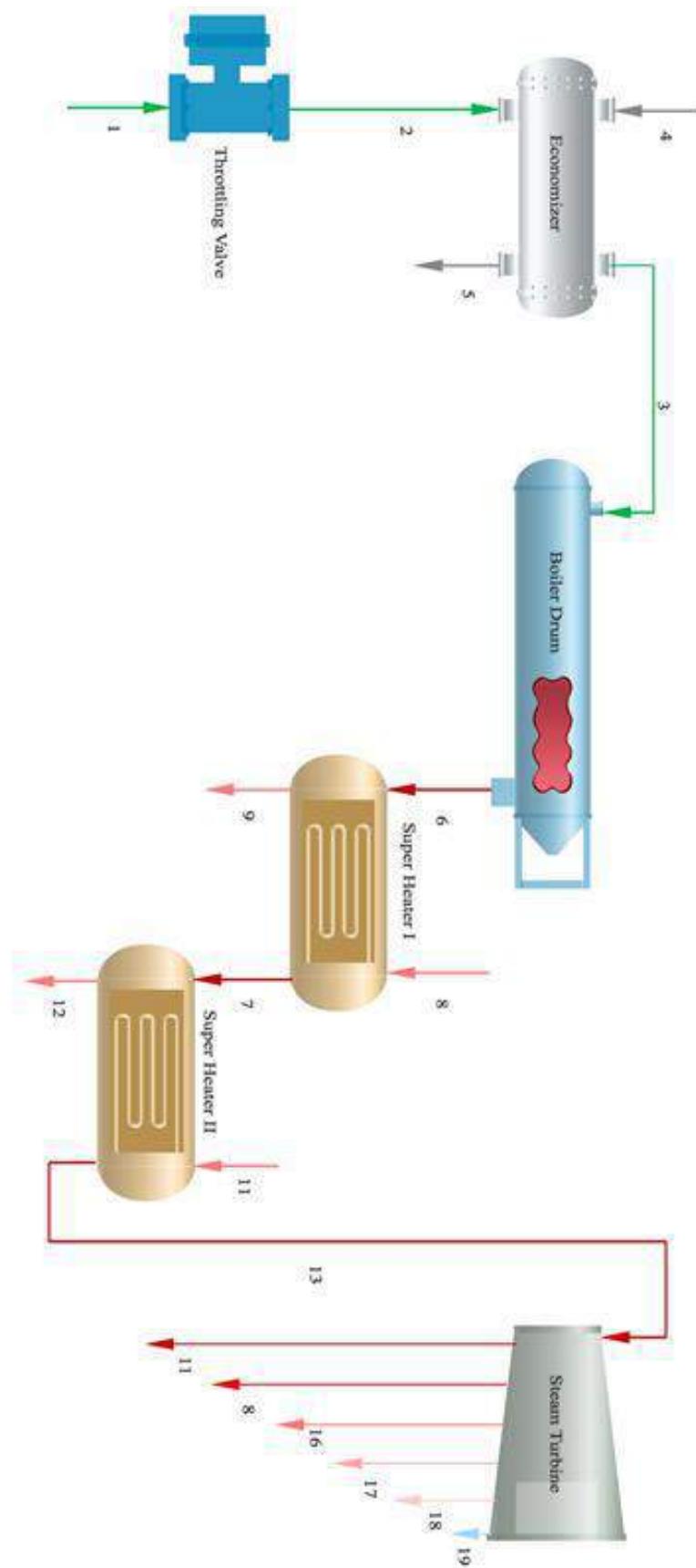
It is collected in the feed water tank to a specified level.

It is heated by aux. (used) steam.

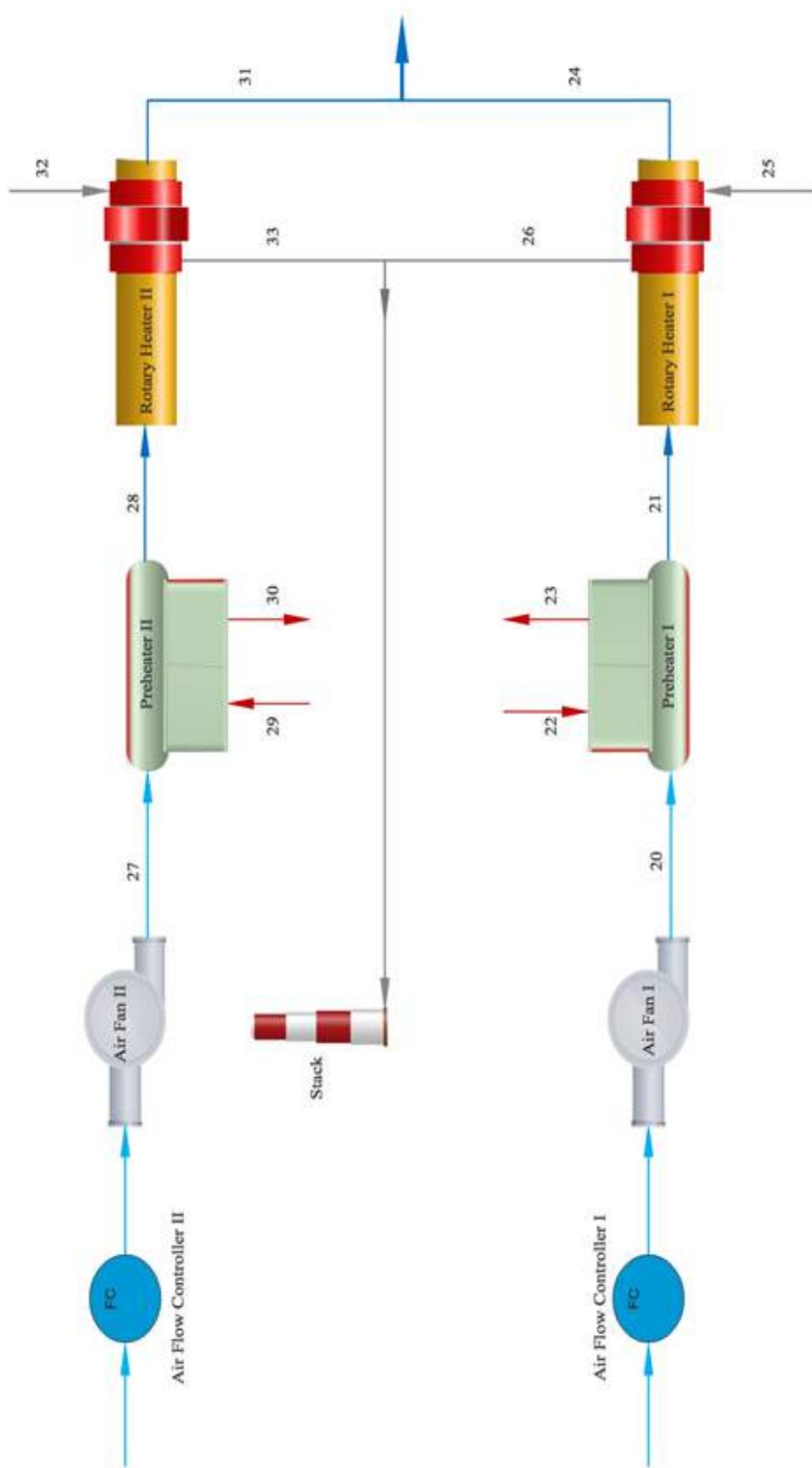
From the feed water tank, it is fed to preheaters where the temperature increases.

Finally it becomes suitable for feeding to the drum.

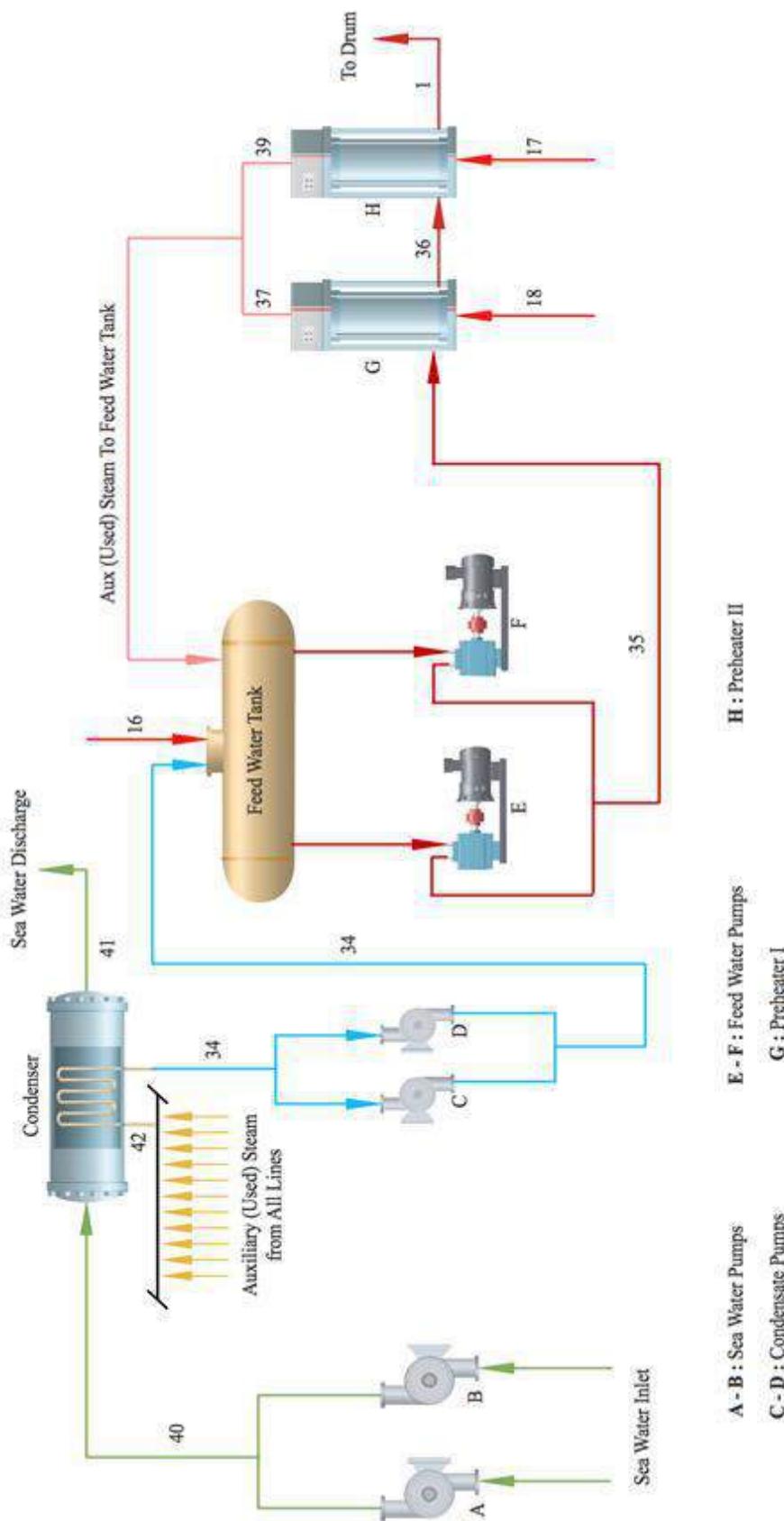
After obtaining data for each system, the operational data is used to calculate the heat losses and exergy destruction as shown in Tables 1 – 3. The energy and exergy efficiencies are also generated.



**Figure 2.** Flowsheet of Steam Turbine Generator System



**Figure 3.** Flowsheet of Draught System



**Figure 4.** Flowsheet of Feed Water and Cooling Water System



**Table 1.** Energy and Exergy Rates in Steam Turbine Generator System

Equipment	Stream	In				Out				
		$\dot{E}$ (kJ/s)	$\dot{Ex}_{PH}$ (kJ/s)	$\dot{Ex}_{CH}$ (kJ/s)	$\dot{Ex}_T$ (kJ/s)	Stream	$\dot{E}$ (kJ/s)	$\dot{Ex}_{PH}$ (kJ/s)	$\dot{Ex}_{CH}$ (kJ/s)	$\dot{Ex}_T$ (kJ/s)
Throttling Valve	Superheated Steam	39394	24300	0	24300	Superheated Steam	39394	12400	0	12400
	$Q_{loss} = 0 \text{ kJ/s}$				$Ex_{destruct} = 11.20 \text{ kJ/s}$					
Economizer	Water	14181	2179	0	2179	Water	18904	4001	0	4001
	Exhaust Gases	618.8	20.51	0	20.51	Exhaust Gases	552.8	35.63	0	35.63
	$Q_{loss} = 2024 \text{ kJ/s}$				$Ex_{destruct} = 1782 \text{ kJ/s}$					
Boiler Drum	Water	18904	4001	0	4001	Water	21023	4949.18	0	4949.18
	Air	0	0	0	0	Exhaust Gases	619.1	103.63	0	103.63
	Fuel	11792	0	146206	14620					
	$Q_{loss} = 30991 \text{ kJ/s}$				$Ex_{destruct} = 30167 \text{ kJ/s}$					

**Table 1.** Energy and Exergy Rates in Steam Turbine Generator System (Continued)

Equipment	Stream	In				Out				
		$\dot{E}$ (kJ/s)	$\dot{Ex}_{PH}$ (kJ/s)	$\dot{Ex}_{CH}$ (kJ/s)	$\dot{Ex}_T$ (kJ/s)	Stream	$\dot{E}$ (kJ/s)	$\dot{Ex}_{PH}$ (kJ/s)	$\dot{Ex}_{CH}$ (kJ/s)	$\dot{Ex}_T$ (kJ/s)
Super heater I	Water	21023	4949.18	0	4949.18	Superheated Steam	52160	19917	0	19917
	Aux. (Used) Steam	7420	1747.9	0	1747.9	Aux. (Used) Steam	5890.5	1894.4	0	1894.4
$Q_{loss} = 13349 \text{ kJ/s}$				$Ex_{destruct} = 6942.6 \text{ kJ/s}$						
Super heater II	Superheated Steam	52160	1221.92	0	1221.92	Superheated Steam	53790	20326	0	20326
	Aux. (Used) Steam	16523	4715.9	0	4715.9	Aux. (Used) Steam	14188	3885.9	0	3885.9
$Q_{loss} = 720 \text{ kJ/s}$				$Ex_{destruct} = 1222.89 \text{ kJ/s}$						
Steam Turbine	Superheated Steam	55257	20980	0	20980	Superheated steam	7420.5	1747.9	0	1747.9

Superheated steam	1697	242	0	242
Superheated Steam	171.6	2.26	0	2.26
Superheated Steam	1083	122.6	0	122.6
Superheated Steam	2223	1410	0	1410
Water	193.37	1.92	0	1.92

$$\mathbf{Q_{loss}=11831\text{ kJ/s}} \quad \mathbf{Ex_{destruct}=25811\text{ kJ/s}}$$

**Table 2.** Energy and Exergy Rates in Draught System

**Table 3.** Energy and Exergy Rates in Feed Water and Cooling Water System

Equipment	Stream	In				Stream	Out			
		$\dot{E}$ (kJ/s)	$\dot{Ex}_{PH}$ (kJ/s)	$\dot{Ex}_{CH}$ (kJ/s)	$\dot{Ex}_T$ (kJ/s)		$\dot{E}$ (kJ/s)	$\dot{Ex}_{PH}$ (kJ/s)	$\dot{Ex}_{CH}$ (kJ/s)	$\dot{Ex}_T$ (kJ/s)
Feed Water tank	Condensate Water	6327	640.18	0	640.18	Feed Water	23313	1425	0	1425



	Aux. (Used) Steam	20642	2945.2	0	2945.2					
<b><math>Q_{loss} = 4116 \text{ kJ/s}</math></b> <b><math>Ex_{destruct} = 647.43 \text{ kJ/s}</math></b>										
	Water	23313	1425	0	1425	Water	24420	2200	0	2200
	Aux. (Used) Steam	1083	122.6	0	122.6	Aux. (Used) Steam	502.3	49.46	0	49.46
<b><math>Q_{loss} = 475.7 \text{ kJ/s}</math></b> <b><math>Ex_{destruct} = 202.2 \text{ kJ/s}</math></b>										
	Water	24420	2200	0	2200	Water	38628	6212.5	0	6212.5
	Aux. (Used) Steam	1716	22.6	0	22.6	Aux. (Used) Steam	1512	22	0	22
<b><math>Q_{loss} = 4260 \text{ kJ/s}</math></b> <b><math>Ex_{destruct} = 451 \text{ kJ/s}</math></b>										
	Sea Water	383174	491	0	491	Sea Water	506337	88	0	88
	Saturated Steam	94245	379	0	379	Saturated Water	6331	405	0	405
<b><math>Q_{loss} = 35250 \text{ kJ/s}</math></b> <b><math>Ex_{destruct} = 12342 \text{ kJ/s}</math></b>										



## 2.2 FOR DIESEL EQUIPPED OPERATION

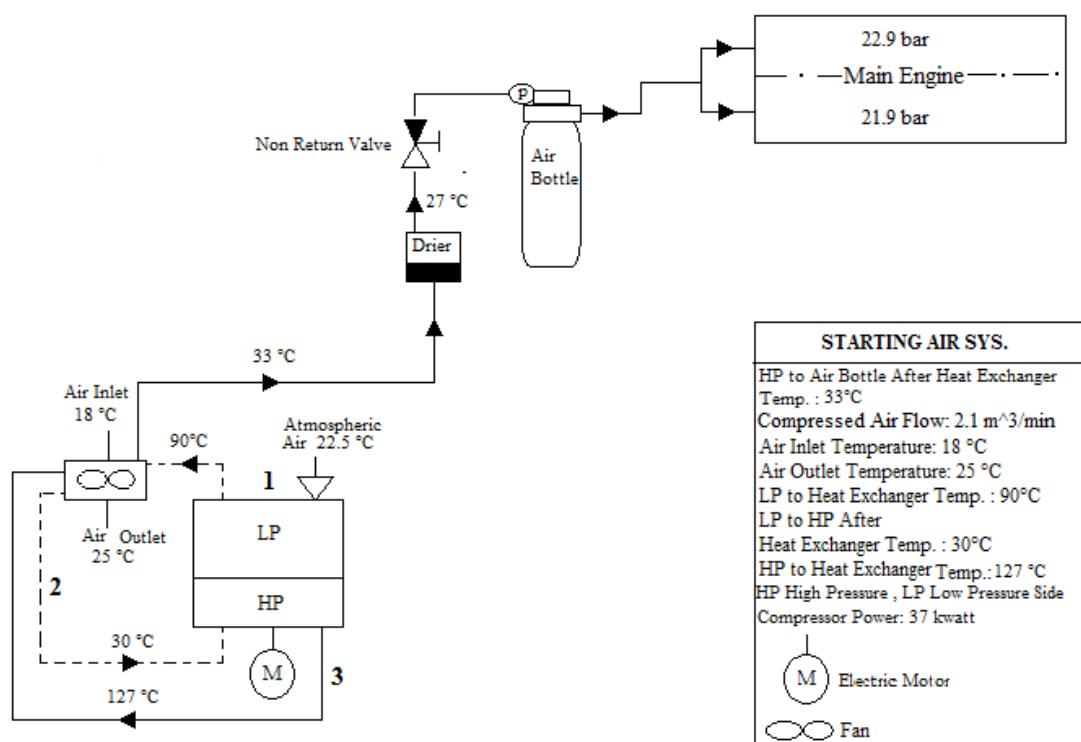


**Figure 5** Diesel Generator Section of Teknecik Thermal Power Plant



**Figure 6.** Diesel Generator n° 1

The first movement is given by the compressor electric motor.  
 Air is compressed in the compressor low pressure side.  
 Compressed air is sent to the heat exchangers.  
 Compressed air is cooled by fan and income to the high pressure side.  
 Air is compressed second time and then it is cooled by heat exchangers.  
 The moisture in air is dried by drier.  
 Air is stored in the air bottle for start Main Engine. Used lubrication oil is filtered and pumped to the heat exchanger by circulating pump.  
 Lubrication oil is cooled by water in the heat exchanger.  
 It is filtered in auto filter and it is sended to the Main Engine for lubrication.  
 Exhaust gasses drive the turbine wheel around, which is directly connected via a shaft, to the blower rotor.  
 Blower absorbs air from atmosphere and compress.  
 Compressed air cools in a heat exchanger by water.  
 It sends to the Main engine by air manifold.  
 Circulating Pump pumps low temperature water to heat exchanger locates in the Main Engine.  
 Heat transfer are between Water Jacket and low temperature water.  
 Water Jacket cools and it recirculates by pump inside the main engine.  
 Heavy Fuel Oil heats in Mixing Tank by steam for decrease viscosity.  
 Booster Pump pumps Heavy Fuel Oil from Mixing Tank to Main Engine.  
 Before Main Engine, Heavy Fuel Oil reheats in heater by steam.  
 Heavy Fuel Oil filters by auto filter.  
 Main Engine uses Heavy Fuel Oil and occurs Exhaust Gases, Water Vapor and Power.  
 Unburned Heavy Fuel Oil returns to Mixing Tank.



**Figure 6.** Flowsheet of Starting Air System

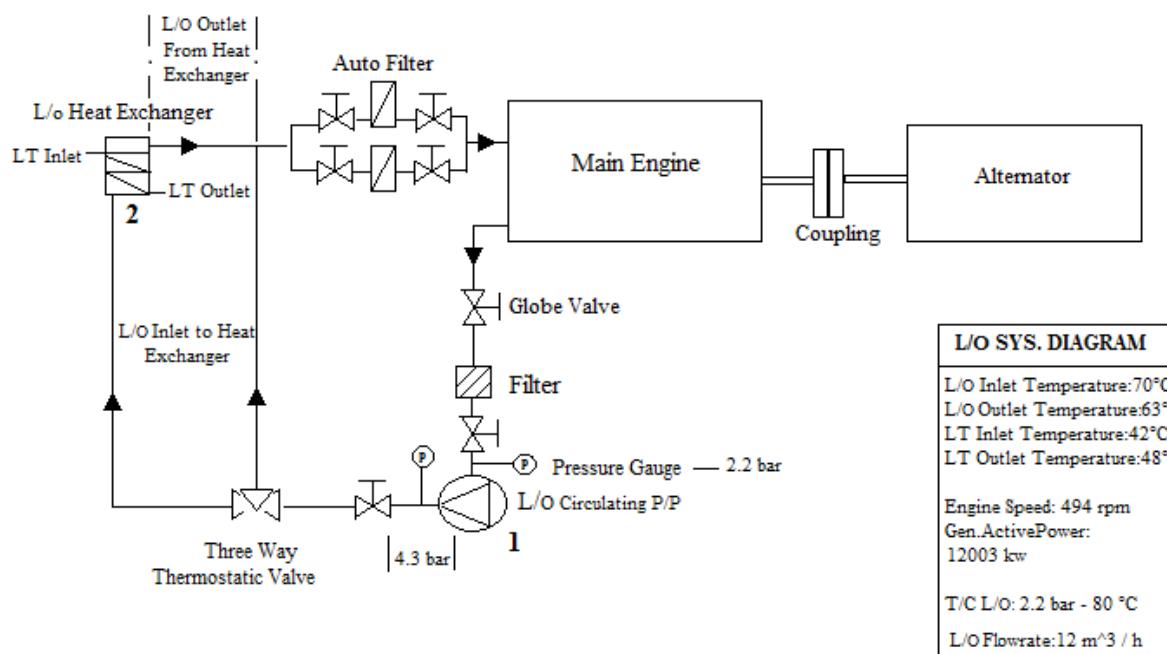


Figure 7. Flowsheet of Lubrication Oil System

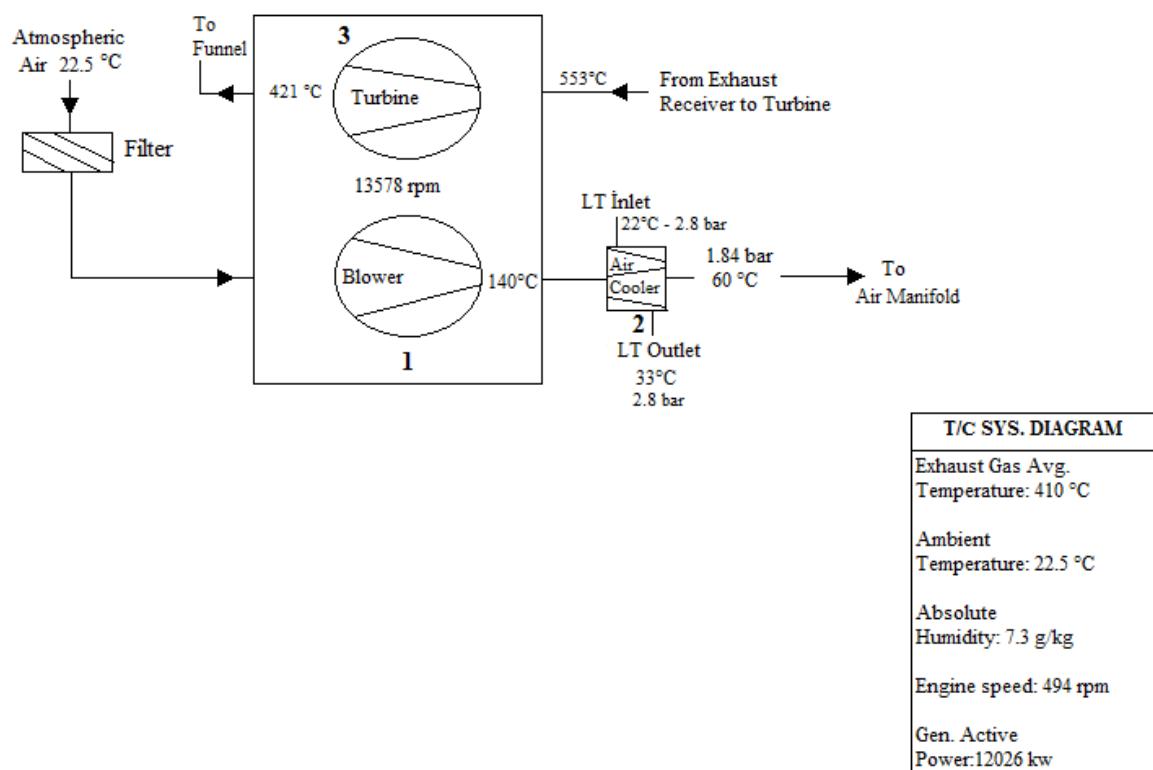


Figure 4.5. Turbocharger System

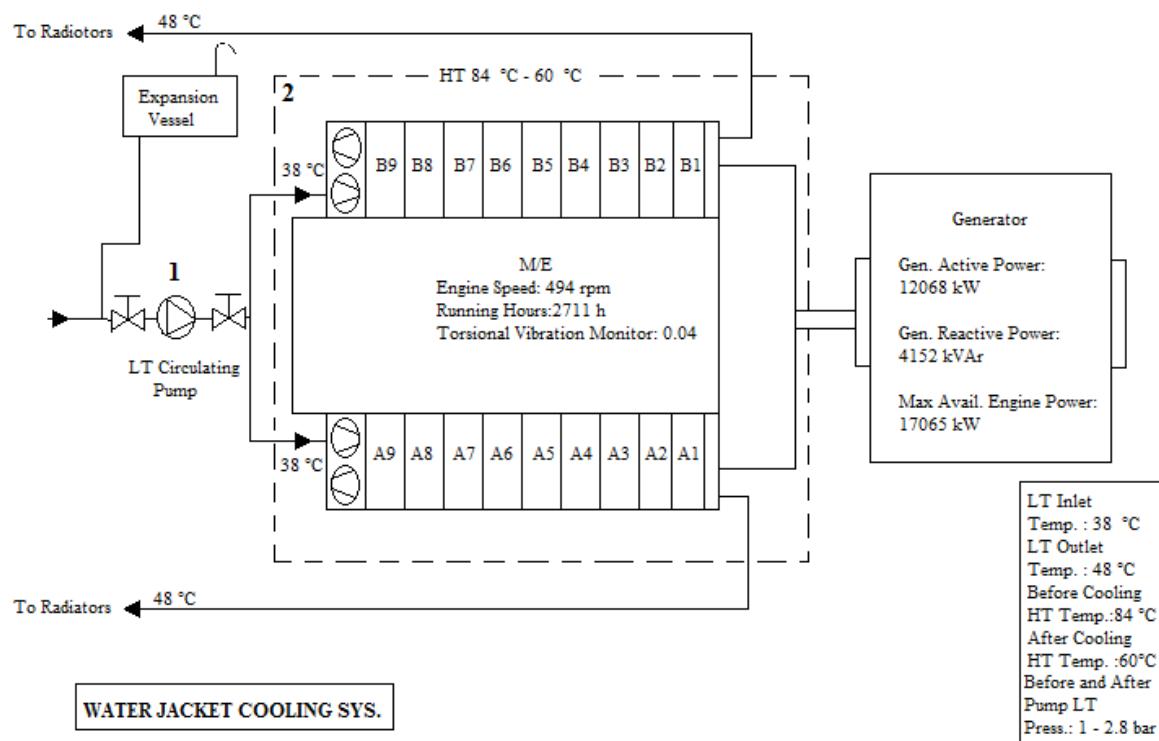


Figure 8. Flowsheet of Water Jacket Cooling System

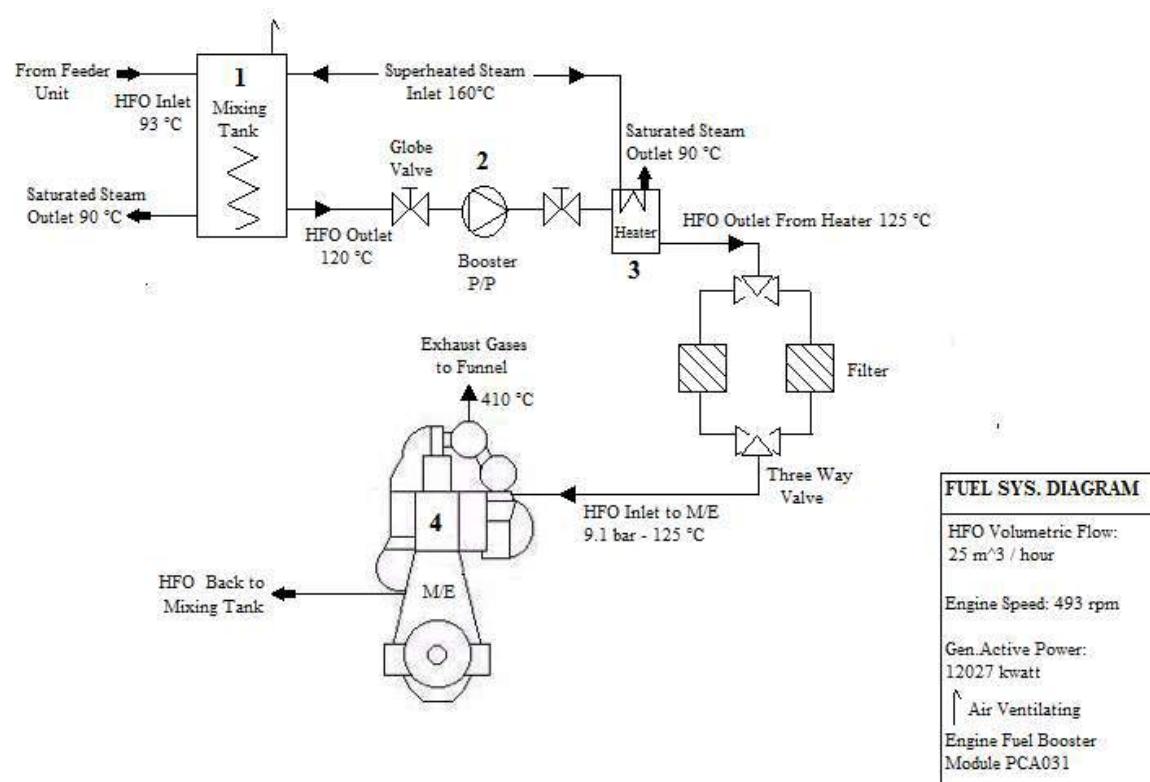


Figure 9. Flowsheet of Fuel System



**Table 4. Energy and Exergy Rates in Diesel Generator n° 3 and Systems**

In			Out			Ex <sub>destruct</sub>					
System	Equipment	Stream	$\dot{E}$ (kJ/s)	$\dot{Ex}_{PH}$ (kJ/s)	$\dot{Ex}_{CH}$ (kJ/s)	$\dot{Ex}_T$ (kJ/s)	Stream	$\dot{E}$ (kJ/s)	$\dot{Ex}_{PH}$ (kJ/s)	$\dot{Ex}_{CH}$ (kJ/s)	$\dot{Ex}_T$ (kJ/s)
Lubrication Oil	Circulating Pump	Oil	444.08	21.95	0	21.95	Oil	444.08	2.043	0	2.043
	Heat Exchanger	Oil	444.08	21.95	0	21.95	Oil	399.67	18.96	0	18.96
	Heat Exchanger	Water	215.93	3.18	0	3.18	Water	246.78	4.21	0	4.21
$Q_{loss} = 13.32 \text{ kJ/s}$			$Ex_{destruct} = 25.21 \text{ kJ/s}$								
Starting Air	Compressor	Air	37.9	37	0	37	Compressed Air	3.82	1.76	0	1.76
	Heat Exchanger	Air	4.88	0.24	0	0.24	Air	6.78	0.12	0	0.12
	Heat Exchanger	Low Pressure Compressed Air	3.80	0.26	0	0.26	Low Pressure Compressed Air	1.26	0.087	0	0.087
	Heat Exchanger	Air	4.88	0.24	0	0.24	Air	6.78	0.12	0	0.12
	Heat Exchanger	High Pressure Compressed Air	5.37	0.59	0	0.59	High Pressure Compressed Air	1.39	0.21	0	0.21
$Q_{loss} = 36.8 \text{ kJ/s}$			$Ex_{destruct} = 2.29 \text{ kJ/s}$								

**Table 4. Energy and Exergy Rates in Diesel Generator n° 3 and Systems ( Continue )**

In			Out			Ex <sub>destruct</sub>					
System	Equipment	Stream	$\dot{E}$ (kJ/s)	$\dot{Ex}_{PH}$ (kJ/s)	$\dot{Ex}_{CH}$ (kJ/s)	$\dot{Ex}_T$ (kJ/s)	Stream	$\dot{E}$ (kJ/s)	$\dot{Ex}_{PH}$ (kJ/s)	$\dot{Ex}_{CH}$ (kJ/s)	$\dot{Ex}_T$ (kJ/s)
Water Jacket Cooling	Circulating Pump	Water	195.37	1.68	0	1.68	Water	195.37	0.58	0	0.58
	Main Engine	Low Temperature Water	195.37	1.68	0	1.68	Low Temperature Water	246.78	0.02	0	0.02
	Main Engine	High Temperature Water	122.89	8.47	0	8.47	High Temperature Water	87.78	5.07	0	5.07
$Q_{loss} = 16.35 \text{ kJ/s}$			$Ex_{destruct} = 5.67 \text{ kJ/s}$								
Turbocharger	Blower	Air	144.27	112.03	0	112.03	Air	142.10	50.80	0	50.80
	Air Cooler	Air	142.10	0	0	7.61	Air	60.90	38.57	0	38.57
	Air Cooler	Water	162.76	367.1	0	367.1	Water	244.15	353.96	0	353.96
	Turbine	Exhaust Gases	320.74	528.88	0	528.88	Exhaust Gases	235.76	140.80	0	140.80
$Q_{loss} = 1034.11 \text{ kJ/s}$			$Ex_{destruct} = 317.05 \text{ kJ/s}$								



---

**Q<sub>loss</sub>= 333.8 kJ/s**

**Ex<sub>destruct</sub>= 901.18 kJ/s**

---

**Table 4. Energy and Exergy Rates in Diesel Generator n°3 and Systems ( Continue )**

System	Equipment	Stream	In			Stream	Out			Ex <sub>destruct</sub>	
			$\dot{E}$ (kJ/s)	$\dot{Ex}_{PH}$ (kJ/s)	$\dot{Ex}_{CH}$ (kJ/s)		$\dot{E}$ (kJ/s)	$\dot{Ex}_{PH}$ (kJ/s)	$\dot{Ex}_{CH}$ (kJ/s)	$\dot{Ex}_T$ (kJ/s)	
Mixing Tank	Steam	616.35	1609.78	0	1609.78	Steam	346.69	1329.2	0	1329.2	
Mixing Tank	Fuel Oil	1329.49	104.07	0	104.07	Fuel Oil	1715.47	144.09	0	144.09	
Booster Pump	Fuel Oil	1715.47	189.41	0	189.41	Fuel Oil	1715.47	198.27	0	198.27	
Heater	Steam	113.69	296.95	0	296.95	Steam	63.95	245.19	0	245.19	
Heater	Fuel Oil	1715.47	189.41	0	189.41	Fuel Oil	1786.95	198.27	0	198.27	
Main Engine	Fuel Oil	12191.25	24500	0	24500	Exhaust Gases	229.6	3870.66	0	3870.66	
						Water Vapor	815.9	7741.33		7741.33	
Fuel		$Q_{loss} = 9962.19 \text{ kJ/s}$				$Ex_{destruct} = 13727.01 \text{ kJ/s}$					



### 3.0. CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

In this work, the comparison of fuel equipped and diesel equipped engines of Teknecik Thermal Power Plant at Kyrenia, Northern Turkish Republic of Cyprus by applying energy and exergy analysis was conducted to calculate the energy and exergy efficiencies of the system. The calculations were performed using actual plant operational data. The data were collected from the plant by us. The heat and exergy losses were determined in each system. The systems are *Steam Turbine Generator, Draught system, Feed Water and Cooling Water System* in thermal equipped part and *Water Jacket Cooling System, Starting Air System, Fuel System, Lubrication Oil System and Turbocharger System* of diesel engine n° 3 . According to the operational data obtained from Teknecik Thermal Power Plant, a 40 MW Steam Turbine Generator is in charge.

When discussing the fuel equipped part;

The exergy loss is the greatest in the *economizer and condenser* as shown in Figs. This is due to lack of insulation in the economizer also impurity in the pipes of exhaust gases.

In the condenser, the flow rate of sea water is insufficient to gain the heat of condensate water.

It can be seen that the preheaters in the system have great exergy and energy efficiencies.

The exergy destruction in the *Steam Boiler* is higher than those in the other units . This can be explained by the fact that the chemical reaction in *Steam Boiler* is highly irreversible.

The energy and exergy efficiencies of steam turbine generator is 0.43 and 0.58 respectively. The generator produces 40 MW work while 117 MW energy is obtained by the fuel. This loss is because of heat loses, irreversibility's, lack of insulations.

The overall energy and exergy efficiencies of the unit were calculated as 0.51 and 0.47, respectively.

In the calculations of exergy and energy on *Heat Exchangers*'s heat loses is assumed %30. Energy losses in *Pumps* are assumed to be 0.

It is assumed that complete combustion in *Steam Boiler*.

*Exhaust gases* is assume to have same properties with air.

It is assume that %70 of total sea water is used in *Steam Generator System*

When discussing the diesel equipped part;

The exergy loss is the greatest in the *heat exchanger* of compressor. This is due to the reason: Two section low pressure side and high pressure side are on the compressor however only one heat exchanger uses for cooling air.

Pumps is used only for pressurization of fluid. Exergy and energy analyses of pumps is minor.

Air cooler and heater have great exergy and energy efficiencies.

The exergy destruction in the *Main Engine* is higher than those in the other units. This can be explained by the fact that the chemical reaction in *Main Engine* is highly irreversible.

The overall energy and exergy efficiencies of the unit were calculated as 0.49 and 0.53, respectively.

The performances are compared although energy efficiency is a bit lower in diesel engine, the exergetic performance is found to be greater. This study reflects the result that replacing fuel equipped engines with diesel equipped ones wil be feasible.





#### 4.0. REFERENCES

- [1] Yunus A. Çengel, Michael A. Boles, 2007, “ Thermodynamics: An Engineering Approach ”, Literature.,
- [2] T. J. Kotas, 1985 “ The Exergy Method of Thermal Plant Analysis ”, British Library Cataloguing, TJ,163.9.,
- [3] Regulagadda P., Dincer I., Naterer G. F. Exergy analysis of a thermal power plant with measured boiler and turbine losses. *Appl Therm Eng* 2010; 30:970–976.
- [4] Erdem H. H., Akkaya A. V., Cetin B., Dagdas A., Sevilgen S. H., Sahin B., Teke I., Gungor C., Atas S, 2009. Comparative energetic and exergetic performance analyses for coal-fired thermal power plants in turkey. *Int J Therm Sci*; 48:2179–2186.
- [5] Ghannadzadeh A., Hetreux R. T., Baudouin O., Baudet. P, Floquet P.,Joulia X. 2012, General methodology for exergy balance in ProSimPlus® process simulator. *Energy*; 44:38–59.
- [6] Molès F. 2015, Thermodynamic analysis of a combined organic Rankine cycle and vapor compression cycle system activated with low temperature heat sources using low GWP fluids. *Appl Therm Eng*; 87:444–453.
- [7] Taner T. 2015 Optimisation processes of energy efficiency for a drying plant: A case of study for Turkey. *Appl Therm Eng*; 80:247–260.
- [8] Ali Bolatturk, Ahmet Coskun, Caglar Geredelioglu. 2015, Thermodynamic and exergoeconomic analysis of Cayırhan thermal power plant. *Energy Convers and Manage*; 101:371-378.
- [9] Taillon J., Blanchard R. E., 2015, Exergy efficiency graphs for thermal power plants, *Energy*; 88: 57-66.
- [10] Omendra Kumar Singh, S. C., 2013, Kaushik. Energy and exergy analysis and optimization of Kalina cycle coupled with a coal fired steam power plant. *Appl Therm Eng*; 51:787-800.
- [11] Jan Szargut, David R. Morris, Frank R. Steward, 1988, “ Exergy Analysis of Thermal, Chemical and Metallurgical Processes ”, Hemisphere Publishing, TJ265.S958,
- [12] G. Bektaş and F. Balkan, 2010 “ Energy and Exergy Efficiencies of a Sulfation Unit in a Powder Detergent Plant and Effect of System Parameters ”, University of Ege.
- [13] Teknecik Thermal Power Plant’s, System Diagrams, Parameters, Lubrication Oil and Fuel Oil Certificates of Quality.
- [14] T. Gemci, A. Öztürk, 1998 *Energy Conversion and Management*, Volume 39, Issues 16–18, November–December.



## INVESTIGATION OF ENERGY QUALITY IN OPEN-END YARN FACILITIES

Burak MARAŞLİOĞLU

Kahramanmaraş Sutcu Imam University Electrical and Electronics Engineering

burak.maraslioglu@gmail.com, bmaraslioglu@sirikcioglu.com.tr

Ahmet GANI

Kahramanmaraş Sutcu Imam University Electrical and Electronics Engineering,  
ahmetgani8733@gmail.com

Ö.Fatih KEÇECİOĞLU

Kahramanmaraş Sutcu Imam University Electrical and Electronics Engineering,  
o.fatihkececioglu@gmail.com

Hakan AÇIKGÖZ

Kilis 7 Aralık University Department of Electrical Science, hakanacikgoz@kilis.edu.tr

Mustafa ŞEKKELİ

Kahramanmaraş Sutcu Imam University Electrical and Electronics Engineering,  
msekkeli@ksu.edu.tr

**ABSTRACT:** The importance of energy can not be ignored if human life can be maintained. In today's world, it is also important that the energy required in each area is of good quality. Energy quality; is defined as the change in the voltage amplitude and the rated value of the frequency of the energy produced by any source up to the end user, the protection of the sinusoidal wave pattern and being able to take it steadily and continuously. In parallel with the development of technology, appliances used in houses and industry include more and more electronic hardware. These devices are detrimental to the quality of energy; on the one hand, they are also more sensitive to the quality of the energy they feed. Non-linear loads, currents and stresses caused sinusoidal distortions due to increased energy use. These negativities are known as harmonic distortion. In this report, the factors affecting the energy quality and the effects of the factors were investigated. In the scope of the report, energy quality is measured by connecting HT PQA824 energy analyzer to the outlet of the transformers in a textile factory which produces Open-End yarn in Kahramanmaraş. The concept of harmonic and flicker, which are the most important parameters affecting energy quality, has been investigated in detail in the research. The results of the investigations; in terms of harmonics; voltage harmonic values exceed 5% levels and will be problematic for total harmonic distortion. Change of total harmonic current is between 14% and 23%. Although the flicker levels Plt and Pst are generally within the limit value, overrides due to sudden load changes have been observed. Every consumer wants to have a pure sinusoidal form of energy. However, this is unlikely due to nonlinear loads, motor drivers, power electronic components in plant. The solution is that the problem will cease when every consumer filters out the harmful effects of their own sinusoidal form.

**Key words:** harmonic, flicker, energy quality, open-end.



## OPEN-END İPLİK TESİSLERİNDE ENERJİ KALİTESİNİN ARAŞTIRILMASI

**ÖZET:** İnsan yaşamının devam ettirilebilmesinde enerjinin önemi göz ardı edilemez. Günümüz dünyasında her alanda ihtiyaç duyulan enerjinin ne oranda kaliteli olduğu da önemlidir. Enerji kalitesi; herhangi kaynaktan üretilen enerjinin son kullanıcıya kadar geçen aşamada gerilim genliğinin ve frekansının anma değerinin değişmemesi, sinüsoidal dalga şeşinin korunması ve bunu istikrarlı olarak kesintisiz bir biçimde alabilmek olarak tanımlanır.

Teknolojinin gelişmesine paralel olarak evlerde ve sanayide kullanılan cihazlar her geçen gün daha fazla elektronik donanım içermektedir. Bu cihazlar yapıları gereği bir yandan enerji kalitesini bozarken bir yandan da beslendikleri enerjinin kalitesine karşı daha hassaslaşmaktadır. Enerji kullanımının artmasıyla lineer olmayan yükler, akım ve gerilimin sinüs formunda bozukluklar meydana getirmiştir. Bu olumsuzluklar harmonik bozulma olarak bilinmektedir.

Bu bildiride enerji kalitesini etkileyen faktörlerin ve etkilerinin neler olduğu konusunda araştırmalar yapılmıştır. Çalışma kapsamında Kahramanmaraş'ta bulunan Open-End iplik üreten bir tekstil fabrikasında, transformatörlerin çıkışına HT PQA824 enerji analizörü bağlanarak enerji kalitesi ölçülmüştür. Araştırmada enerji kalitesini etkileyen en önemli parametrelerden olan harmonik ve flicker kavramı detaylı bir biçimde incelenmiştir. Yapılan incelemenin sonucunda; Harmonikler açısından; gerilim harmoniği değerleri % 5 seviyelerini geçmeye ve toplam harmonik bozulma için sorun oluşturacak seviyededir. Akım toplam harmoniğini değişimi %14 ile %23 arasında olmaktadır. Flicker seviyeleri Plt ve Pst genel olarak sınır değer içerisinde olmasına rağmen ani yük değişimlerinden kaynaklı aşımlar gözlenmiştir. Her tüketici enerjisinin saf sinüsoidal formda olmasını ister. Ancak işletmede bulunan nonlineer yükler, motor sürücüler, güç elektroniği elemanlarından dolayı bu pek mümkün olmamaktadır. Bunun çözümü ise her tüketici kendi ürettiği sinüsoidal formu bozucu etkilerini filtre ettiği zaman sorun ortadan kalkacaktır.

**Anahtar sözcükler:** harmonik, flicker, enerji kalitesi, open-end.



## INDUSTRIAL APPLICATIONS HIGH CURRENT SOLID STATE RELAY DESIGN AND PRODUCTION FOR DIRECT CURRENT INDUCTIVE SWITCHING

Tuğçe DEMİRÇİ

Kahramanmaraş Sutcu Imam University Electrical and Electronics Engineering,  
[tugce.demirci@live.com](mailto:tugce.demirci@live.com), [tugce@temsanmakina.com](mailto:tugce@temsanmakina.com)

Ahmet GANI

Kahramanmaraş Sutcu Imam University Electrical and Electronics Engineering,  
[ahmetgani8733@gmail.com](mailto:ahmetgani8733@gmail.com)

Ö. Fatih KEÇECİOĞLU

Kahramanmaraş Sutcu Imam University Electrical and Electronics Engineering,  
[o.fatihkececioglu@gmail.com](mailto:o.fatihkececioglu@gmail.com)

Mustafa TEKİN

Kahramanmaraş Sutcu Imam University Electrical and Electronics Engineering,  
[mustafa\\_tekin40@hotmail.com](mailto:mustafa_tekin40@hotmail.com)

Mustafa ŞEKKELİ

Kahramanmaraş Sutcu Imam University Electrical and Electronics Engineering,  
[msekkeli@ksu.edu.tr](mailto:msekkeli@ksu.edu.tr)

**ABSTRACT:** Nowadays diodes, transistors, such as the widespread use of semiconductor devices, the electronic timer relays (SSR) have begun to take the place of the relay when the mechanical type. Solid-state relay (SSR) is a switch arrangement composed of electronic components completely. It does the same job with the classic relay and contactor. Such as contactors and relays have the control and power circuits. Solid-state relays, control circuit transistor-like element to be energized by the power transistor circuit energizes the system by coming off like elements in the open position. Contactors and relays de difference is that instead of the coil and the contacts of electronic components. Solid-state relays do not have mechanical parts. Therefore, the on-off and make a few million can be eliminated noise that may occur. The results obtained in this study reveal the necessity of using SSR relays instead of electromechanical relays for direct current inductive switching in industrial applications. Special SSR has been produced for high flow and very open-close ventilators on the machine where the application is made and it has been ensured that the machine works smoothly. Failures resulting from electromechanical relays are terminated by the use of SSR. Competition with other companies that produce SSRs, making them cheaper than the market, contributes to the market of this work.

**Key words:** Solid State Relay(SSR), Electromechanic Relay, Relay

## ENDÜSTRİYEL UYGULAMALARDA DOĞRU AKIM ENDÜKTİF ANAHTARLAMA İÇİN YÜKSEK AKIMLI KATI HALRÖLESİ TASARIMI VE ÜRETİMİ

**ÖZET:** Günümüzde diyon, transistör gibi yarı iletken elemanlarının kullanılması yaygınlaşıkça, elektronik zaman röleleri (SSR) de mekanik tipteki zaman rölelerinin



yerlerini almaya başladılar. Solid-state röle (SSR) tamamen elektronik parçalardan oluşmuş bir anahtarlama düzenidir. Klasik röle ve kontaktörlerle aynı işi yapmaktadır. Kontaktör ve röle gibi kumanda ve güç devrelerine sahiptir. Solid-state rölede kumanda devresi transistör benzeri elemanın enerjilendirilmesi ile güç devresi transistör benzeri elemanı açık konumdan kapalı konuma gelerek sisteme enerji vermektedir. Bu bir elektrik rölesi veya kontaktörün bobinine enerji verilerek, kontaklarının açık konumdan kapalı konuma gelmesi gibi bir uygulamadır. Kontaktör ve röleden farkı, bobin ve kontaklar yerine elektronik devre elemanlarının olmasıdır. Solid-state röleler mekanik parçalara sahip değildir. Bu sayede birkaç milyon açma-kapama yapabilmekte ve oluşabilecek gürültü elimine edilebilmektedir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar endüstriyel uygulamalarda doğru akım endüktif anahtarlama için elektromekanik röleler yerine SSR röle kullanılması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Uygulama yapılan makine üzerindeki yüksek akımlı ve çok aç-kapa yapan ventiller için özel SSR üretilmiş olup makinenin sorunsuz çalışması sağlanmıştır. Elektromekanik rölelerden kaynaklanan arızalar SSR kullanılması ile bitmiştir. SSR üreten diğer firmalarla rekabetin oluşması, piyasadan daha ucuza mal edilmesi bu çalışmanın piyasaya olan katkısını oluşturmaktadır.

**Anahtar sözcükler:** Katı Hal Rölesi (SSR), Elektromekanik Röle, Röle



## PRODUCTION OF POROUS Ti-6Al-XFe ALLOY BY POWDER METALLURGY METHOD, INVESTIGATION OF THE MECHANICAL AND TRIBOLOGICAL PROPERTIES

Zafer GÖLBAŞI

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon, [zgolbasi@ktu.edu.tr](mailto:zgolbasi@ktu.edu.tr)

**ÖZET:** Bu çalışmada, toz metalurjisi yöntemi kullanılarak titanyum esaslı Ti-6Al-XFe grubu alaşımaları üretildi. Bu alaşım gruplarına Ti ve Al elementlerinin yanında ağırlıkça %3,5, %7, %10,5, %14, %17,5 ve %21 oranlarında Fe tozları katılmıştır. Bu alaşımalar elementel toz karıştırma yöntemiyle karıştırılıp, tek eksenli preste 600 MPa'da preslenmiştir. Preslenen numuneler vakum ortamında 1200°C'de sinterlenmiştir. Sinterlenen numunelerin gözeneklilik oranları, mikrosertlik, çekme ve eğilme dayanımlarının yanı sıra sürtünme katsayısı ve özgül aşınma oranları belirlenmiştir. Numunelerin kırılma ve aşınma yüzeyleri taramalı elektron mikroskopunda incelenip, kırılma yüzeyinde alaşım elementlerinin dağılımı EDS analiziyle tespit edilmiştir. En yüksek çekme ve eğilme dayanım değeri Ti-6Al-17,5Fe alaşımında sırasıyla 238,3 MPa ve 680 MPa olarak belirlenmiştir. Maksimum mikrosertlik değeri Ti-6Al-17,5Fe alaşımında elde edilmiş olup bu değer 348,4 HV olarak bulunmuştur. Sürtünme katsayısı ve özgül aşınma oranı sırasıyla 0,58-0,82 ve  $4,25-7,83 \times 10^{-7}$  mm<sup>3</sup>/N.m olarak belirlenmiştir.

**Anahtar sözcükler:** Toz Metalurjisi (T/M), İmplant malzemeler, Ti-6Al-XFe, Mekanik ve tribolojik özellikler



## WIND AND SOLAR ENERGY EFFICIENT ARCHITECTURAL DESIGNS AND ENERGY SAVING COMPATIBLE CITY PLANNING

Hüseyin ÖZDEN

Ege University Mechanical Engineering Department

huseyin.ozden@ege.edu.tr

**ABSTRACT:** In our world, human population and living standards are increasing and energy consumption is rising. As a result of these developments, the reduction of fossil-based energy reserves, such as oil and natural gas pollution and environmental pollution has threatened mankind. The sun and the wind energies is a blessing, a chance for the Developing Countries in our Weld. The study looked at the technical possibilities to use more renewable solar and wind energy for the future of mankind. It was found that the planning and design of cities, neighborhoods, residences, parks, roads and urban transport systems are not taken into account in energy saving, energy efficiency and adaptation with solar and wind energy. The energy efficiency of the entire energy generation and consumption system can be increased and considerable energy saved if the wind and solar energies are taken into account when planning new housing and work settlements. The results of the investigations are illustrated with figures.

**Key words:** energy, sun, wind, residential and labor settlement units, efficient

## RÜZGAR VE GÜNEŞ ENERJİLERİNE UYUMLU ENERJİ TASARRUFLU YERLEŞİM BİRİMLERİN MİMARİSİ

**ÖZET:** Dünyada insan nüfusu çoğalıyor, yaşam standartı yükseliyor, enerji tüketimi aşırı artıyor! Bu gelişmelerin bir sonucu olarak, petrol, doğalgaz gibi fosil bazlı enerji rezervlerinde azalma ve çevre kirliliği sorunları insanlığı tehdit eder hale gelmiştir. İnsanlığın sağlıklı, güvenli geleceği için enerji tasarrufu, enerji verimi ve yenilenebilir çevre dostu temiz enerji kaynakları önem kazanmıştır. Sanayisi gelişmekte olan ülkelerde güneş ve rüzgâr enerjileri kullanılması gereken bir nimettir.

Çalışmada, insanlık yaşamında yenilenebilir güneş ve rüzgâr enerjilerinden daha fazla yararlanma teknikleri araştırılmıştır. Kentlerin, mahallelerin, konutların, parkların, yolların, ulaşım sisteminin planlama ve tasarımlarında enerji verimi, enerji tasarrufu ve güneş ve rüzgâr enerjilerine uyumluluğu gerekli şekilde dikkate alınmadığı tespit edilmiştir. Rüzgâr ve güneş enerjilerine uyumlu yeni nesil yerleşim birimlerin planlanmalarıyla, basit tekniklerle toplam enerji üretim ve tüketim sisteminin efisyon oranının yükseleceği ve kayda değer enerji tasarrufu edilecektir, sonucuna varılmıştır. Araştırma sonuçları şekillerle açıklanarak tartışmağa sunulmaktadır.

**Anahtar sözcükler:** Enerji, Güneş, Rüzgâr, Yerleşim Birimleri, Efisyon.

## GİRİŞ

Nüfus artışı ve yaşam standardının yükselmesi ile enerji tüketimi artmaktadır. Günümüzde enerji üretim ve tüketim sisteminde, yoğunluklu olarak petrol, doğalgaz, kömür gibi fosil bazlı enerji kaynakları kullanılmaktadır. Fosil bazlı enerjinin doğrudan ve dolaylı olarak



yarıdan fazlası yerleşim birimlerinde, yaşamsal alanlarda elektrik enerjisi üretiminde ve konut binalarda ısıtma, klimalandırma, sıcak su hazırlama, aydınlatmada ve mobil taşıt ulaşımında, harcadığı bilinmektedir. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerin bir çoğu bütçe kaynaklarının, gelirlerin büyük payını fosil bazlı enerji kaynaklarını ithalinde kullanmak zorunda kalmaktadır. Güneş ve rüzgar gibi yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak, enerji kayiplarını azaltarak, enerji tasarruflarına giderek fosil bazlı enerji kaynaklarının tüketimini kısağa ve dışa bağımlılığı kısmen de olsa kaldırabilirler. Almanya, Danimarka, Hollanda gibi Kuzey Avrupa Ülkeleri rüzgar enerji üretim santralleri sayesinde fosil bazlı enerji ithalini ve çevre kirliliğini azaltmışlardır. Tüketilen enerjinin yenilenebilir enerji kaynaklarından daha da fazla karşılanması için çalışmalar yürütülüyor. (1,2)

Günümüzde, enerjinin daha verimli kullanılması, enerji kayiplarını daha fazla azaltılması ve yenilebilir enerji kaynaklarından yararlanılması için yoğun bilimsel araştırmalar sürdürülmektedir. Son yıllarda ülkemizde de enerji konulu bilimsel ARGE-Faaliyetleri yürütülmektedir. Elektrik enerji üretim,–tüketim sisteminde, yerinde



## APPLICATION OF SOUS- VIDE TECHNOLOGY ON ZUCCHINI AND EGGPLANT

Didem SÖZÜDOĞRU

Gaziantep University, Food Engineering, [sozudogrudidem@hotmail.com](mailto:sozudogrudidem@hotmail.com)

Assist Prof. Dr. K. Bülent BELİBAĞLI

Gaziantep University, Food Engineering, [belibagli@gantep.edu.tr](mailto:belibagli@gantep.edu.tr)

**ABSTRACT:** Fresh prepared (cleaned and peeled) zucchini and eggplant has limited storage stability in refrigerated conditions because of its composition and prone to decomposition easily. The limited storage stability restricts its use in institutional food service. The development of products with improved storage stability and ease of preparation would enhance the acceptance of such products particularly in catering industry. Sous vide is French for “under vacuum” and sous vide cooking is defined as “raw materials or raw materials with intermediate foods that are cooked under controlled conditions of temperature and time inside heat-stable vacuumized pouches In this study, sous vide technique was applied at 85°C for zucchini and eggplant slices at 75 and 55 minutes, respectively. Products were then stored + 3°C for 48 days. Samples at predetermined intervals were examined in terms of physical (water content, pH, color, texture, weight loss), sensory and chemical qualities (total phenolic content). Sous-vide applied products showed better quality parameters during storage, for example color parameters were similar to control samples.

**Key words:** Sous- vide technology, zucchini, eggplant



## PRODUCTION of ETHYLIC BIODIESEL FROM WASTE FRYING OIL

Huseyin SANLI

Ford Otosan Ihsaniye Automotive Vocational School, Kocaeli University, 41680, Golcuk, Turkey, [huseyin.sanli@kocaeli.edu.tr](mailto:huseyin.sanli@kocaeli.edu.tr)

Ertan ALPTEKIN

Department of Automotive Engineering, Faculty of Technology, Kocaeli University, 41380, Izmit, Turkey, [ertanalptekin@kocaeli.edu.tr](mailto:ertanalptekin@kocaeli.edu.tr)

Mustafa CANAKCI

Department of Automotive Engineering, Faculty of Technology, Kocaeli University, 41380, Izmit, Turkey, [canakci@kocaeli.edu.tr](mailto:canakci@kocaeli.edu.tr)

**ABSTRACT:** In the current study, it was aimed to produce high quality biodiesel fuel from waste frying oil via ethanolysis. Ethanolysis reactions were initially conducted with hydroxide catalysts (KOH and NaOH), but glycerol phase separation could not be obtained. Therefore, alkoxide catalysts ( $\text{CH}_3\text{OK}$  and  $\text{CH}_3\text{ONa}$ ) were used and glycerol phase separation could be obtained with the reaction conditions of ethanol:feedstock molar ratio of 6:1, 1.40 wt.%  $\text{CH}_3\text{ONa}$ , 75 °C and 4 hours. The product yield, viscosity and density were 91.24%, 4.89  $\text{mm}^2\text{s}^{-1}$ , and 880.8  $\text{kgm}^{-3}$ , respectively. In the second stage, to increase the yield, optimization experiments were performed and the yield was increased to 99.08% while viscosity and density were almost the same with the reaction conditions of ethanol:feedstock molar ratio of 8:1, 1.40 wt.%  $\text{CH}_3\text{ONa}$ , 45 °C and 2 hours. The obtained ethyl ester fuel was of biodiesel fuel quality (EN 14214).

**Key words:** biodiesel, waste frying oil, ethanolysis, fuel quality

## INTRODUCTION

Ethanol is an important alcohol for sustainable biodiesel production. In addition to its renewability advantage, ethanol has some technical superiorities over methanol: Ethanol is a strong solvent for triglycerides, ethyl ester fuels' oxidative stabilities, biodegradabilities, lubrication properties, heating contents are better than those of methyl ester fuels. Moreover, compared to methyl ester biodiesels, ethyl ester biodiesels have relatively better exhaust emission and performance characteristics (Sanli et al., 2015).

When searching the related articles on ethyl ester production regardless of the feedstock type, it is clearly seen that alkaline-catalyzed ethanolysis is much more complex compared to methanolysis due to strong stable emulsion formation making the reaction mixture non-separable (Ragit et al., 2013). Because of these difficulties, some researchers expressed that the separation of glycerol was not required in ethanolysis (Zhou et al., 2003), some researchers performed two-step reactions (Suppalakpanya et al. 2010), some researchers added pure glycerol to the mixture (Issariyakul et al, 2008) or evaporated the ethanol (Bouaid et al., 2007) at the end of the reaction to induce the phase separation. In addition to these studies, various approaches such as ethanolysis via continuous deglycerolisation, microwave-assistance or with dispergation (with the help of a mechanical disperser



together with the main stirrer) can also be seen (Nikhom and Tongurai, 2014; Cernoch et al., 2010).

The target of this study was to produce high quality, fully renewable and bio-based biodiesel fuel from waste frying oil with conventional heating and mechanical stirring method.

## MATERIAL AND METHOD

Waste frying oil feedstock used in the experiments was collected from a pastry shop. Some physico-chemical properties and fatty acid composition of the feedstock were given in Table 1. Prior to ethanolysis reaction, the feedstock was filtered to remove any food particles and then subjected to heating at 110 °C for 1 h to evaporate water. Since the free fatty acid content of the feedstock was lower than 1%, homogeneous alkaline-catalyzed transesterification reactions were directly performed without needing a pretreatment reaction. The ethanolysis optimization reactions were performed in the Alternative Fuel Research and Development Center (AFRDC)-Kocaeli University. All physico-chemical fuel properties of the feedstock and the produced ethyl ester fuels were determined in AFRDC and Marmara Research Center-The Scientific and Technological Research Council of Turkey (MRC-TUBITAK).

Table 1. Some physico-chemical properties and the fatty acid composition (%) of the waste frying oil feedstock used in the ethanolysis reactions.

Property	Unit	Value						
Viscosity (40 °C)	mm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>	36.51						
Density (15 °C)	kg m <sup>-3</sup>	922.50						
Sulfur Content	ppm	1.80						
Acid Value	mg KOH g <sup>-1</sup>	1.51						
Higher Heating Value	kJ kg <sup>-1</sup>	39446						
Peroxide Value	meq kg <sup>-1</sup>	14.56						
Iodine Value	g I <sub>2</sub> 100g <sup>-1</sup>	104.86						
Water Content	ppm	836.41						
Total Polar Material	%	11.50						
Saponification Value	mg KOH g <sup>-1</sup>	197.16						
C	C	C						
14:0	16:0	16:1						
0.35	15.23	0.17						
C	C	C	C	C	C	C	C	Total Saturation
18:0	18:1	18:2	18:3	20:0	22:0	0.10	0.15	20.05

## RESULT AND DISCUSSION

### Determination of the Best Alkaline Catalyst Type

In the ethanolysis optimization experiments, the first target was to determine the type of the best alkaline catalyst and its concentration. The experiments were started with KOH catalyst. When the ethanolysis reactions were performed with the ethanol:waste frying oil molar ratio of 6:1, 9:1 and 12:1 (75 °C, 1.00 wt.% KOH and 4 hours), the glycerol phase separation could not be obtained. Whereupon, KOH amount was increased to 1.25 wt.%



(reaction temperature and duration were kept constant) and six reactions were carried out with the ethanol:feedstock molar ratio of 6:1, 9:1, 12:1, 15:1, 18:1 and 20:1 but without success. Because the glycerol phase separation could not be obtained via KOH-catalyzed reactions, three ethanolysis reactions catalyzed with 1.00 wt.% NaOH (75 °C and 4 hours) were performed by using alcohol:feedstock molar ratio of 6:1, 9:1 and 12:1. However, NaOH-catalyzed ethanolysis reactions were not successful, either. These ineffective reactions (low reactivity) can be explained by the presence of water in the reaction media. When a hydroxide catalyst dissolves in the alcohol, water and alkoxide ion (the active moiety in transesterification reaction) are formed. This water may cause hydrolyze and saponification reactions, deteriorating the main reaction. Ethanol increases the solubility of water and catalyst in the feedstock-ester phase compared to methanol, accelerating the saponification reaction. Mendow et al. (2011) found that, with the same homogeneous alkaline catalysts, ethanolysis caused to 3.5 times more soap formation relative to methanolysis. This means large catalyst destruction and inevitably lower reaction rate. Since the triglyceride could not be chemically split up with the hydroxide catalysts (totally 12 experiments), the experiments were continued with alkoxide catalysts; potassium methoxide ( $\text{CH}_3\text{OK}$ ) and sodium methoxide ( $\text{CH}_3\text{ONa}$ ). The most important advantage of using alkoxide catalyst is that no water is formed, increasing the transesterification rate.

The reaction conditions of the first transesterification reaction catalyzed with alkoxide catalysts were 6:1 molar ratio of ethanol: feedstock, 1.00 wt.%  $\text{CH}_3\text{OK}$ , 75 °C and 4 hours. During settlement, very little glycerol phase was observed in the bottom of separating funnel. The kinematic viscosity and the density of this ethyl ester product were  $9.37 \text{ mm}^2\text{s}^{-1}$  and  $900.5 \text{ kgm}^{-3}$ , respectively. Although these viscosity and density values were much higher than the limits given in EN 14214:2013, this little glycerol phase separation was accepted as the indicator showing that better results could be obtained via alkoxide-catalyzed reactions. When  $\text{CH}_3\text{OK}$  concentration was increased to 1.25 wt.% (the other reaction conditions were not changed), the more glycerol phase separation was gained. As expected from this more intense glycerol, the viscosity and the density values of ethyl ester fuel decreased to  $6.36 \text{ mm}^2\text{s}^{-1}$  and  $889.5 \text{ kgm}^{-3}$ , respectively.

At the end of the reaction which was catalyzed with 1.00 wt.%  $\text{CH}_3\text{ONa}$  instead of  $\text{CH}_3\text{OK}$  (the other reaction conditions of 6:1 molar ethanol ratio, 4 hours and 75 °C were kept constant), a small amount of glycerol phase was observed, just like the experiment catalyzed with 1.00 wt.%  $\text{CH}_3\text{OK}$ . The viscosity and the density of ethyl ester were  $7.07 \text{ mm}^2\text{s}^{-1}$  and  $890.7 \text{ kgm}^{-3}$ , respectively. When  $\text{CH}_3\text{ONa}$  amount was increased from 1.00 wt.% to 1.25 wt.%, much more glycerol phase separation was obtained compared with the previous three alkoxide-catalyzed reactions. The density of the product ( $882.7 \text{ kgm}^{-3}$ ) was within the limits but its viscosity ( $5.13 \text{ mm}^2\text{s}^{-1}$ ) was just above the upper limit of  $5 \text{ mm}^2\text{s}^{-1}$  given in EN 14214:2013. When ethanol:waste frying oil molar ratio was increased from 6:1 to 9:1 (without changing 1.25 wt.%  $\text{CH}_3\text{ONa}$  amount and the other reaction conditions), the viscosity value inclined to  $5.60 \text{ mm}^2\text{s}^{-1}$ . Further increment in ethanol ratio to 12:1 could not induce the glycerol phase separation.

For 1.25 wt.%  $\text{CH}_3\text{OK}$  concentration, a clearer and more intense glycerol phase separation was obtained with 9:1 molar ethanol ration compared to 6:1 ratio. The product yield, ethyl ester's viscosity and density were 91.64 %,  $5.03 \text{ mm}^2\text{s}^{-1}$  and  $882.0 \text{ kgm}^{-3}$ , respectively. However, when ethanol ratio was increased to 12:1, the glycerol phase separation could not be obtained (similar to  $\text{CH}_3\text{ONa}$ -catalyzed reaction). According to these results which



were obtained in the ethanolysis reactions performed for determining the appropriate catalyst type and its amount, the reaction conditions in which the highest yield, the lowest viscosity and the density values were obtained were 9:1 molar ethanol ratio, 1.25 wt.% CH<sub>3</sub>OK, 75 °C and 4 hours. Nevertheless, the viscosity of this ethyl ester fuel was just above the upper limit given in EN 14214:2013.

Ethanol amount used in the transesterification is one of the most expensive reaction parameters and in some cases high alcohol ratio deteriorates the reaction. Thus, in order to meet the standard viscosity value as well as to reduce the biodiesel production cost, it was decided to lower the molar ethanol ratio to 6:1. As can be remembered, among the reactions performed by using 6:1 ethanol:waste frying oil molar ratio, the highest product yield was obtained with 1.25 wt.% CH<sub>3</sub>ONa. The density of the ethyl ester fuel (882.7 kgm<sup>-3</sup>) was within the limits but its viscosity could not meet the standard value. In order to determine if the increase in CH<sub>3</sub>ONa amount had any possible effect or not, its concentration was increased from 1.25 wt.% to 1.50 wt.% (the other reaction parameters were kept constant). At the end of this reaction, a very clear glycerol phase was obtained. The product yield, viscosity and density of the ethyl ester fuel were 90.86 %, 4.91 mm<sup>2</sup>s<sup>-1</sup> and 881.6 kgm<sup>-3</sup>, respectively. This was the first ethanolysis reaction in which EN 14214:2013 viscosity specification which was one of the most critical fuel properties could be met. The reaction conditions were ethanol:waste frying oil molar ratio of 6:1, 1.50 wt.% CH<sub>3</sub>ONa, 75 °C and 4 hours.

When ethanolysis reaction was catalyzed with 1.50 wt.% CH<sub>3</sub>OK, a clear glycerol phase separation was attained but very intensive emulsification (foaming) was observed during the water washing process. This foaming made the decantation very difficult and caused to a drastic decrease in the product yield (40.40 %). In addition, ethyl ester fuel's density (885.9 kgm<sup>-3</sup>) increased and viscosity (5.62 mm<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>) exceeded the upper limit. Because of this excessive emulsification during water washing, the catalyst concentration was decreased from 1.50 wt.% to 1.40 wt.% for both alkoxide catalysts. Compared to 1.50 wt.% CH<sub>3</sub>OK, 1.40 wt.% loading increased the product yield (81.4%) and decreased the viscosity (5.35 mm<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>) and the density (880.9 kgm<sup>-3</sup>). However, its viscosity value was out of fuel quality. When CH<sub>3</sub>ONa amount was decreased from 1.50 wt.% to 1.40 wt.%, this emulsification problem was diminished (like CH<sub>3</sub>OK catalyst). Some improvements in the product yield (increase from 90.86 wt.% to 91.24 wt.%), viscosity (decrease from 4.91 mm<sup>2</sup>s<sup>-1</sup> to 4.89 mm<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>) and density (decrease from 881.6 kgm<sup>-3</sup> to 880.8 kgm<sup>-3</sup>) were observed. At the end of the first stage of ethanolysis experiments performed to find out the best alkaline catalyst type and its concentration, the optimal reaction conditions were determined as ethanol:waste frying molar ratio of 6:1, 1.40 wt.% CH<sub>3</sub>ONa, 75 °C and 4 hours.

After attaining biodiesel fuel quality in terms of viscosity and density which are the key fuel properties at the end of the first stage experiments, optimization experiments (the second stage of the ethanolysis experiments) were started with the aim of increasing product yield. Because ethanol is expensive than methanol, it is very critical to increase the product yield as high as possible for producing low-cost ethyl ester biodiesel fuel.

## Optimization of Ethanolysis Reaction Parameters

### *Optimization of Ethanol:Waste Frying Oil Molar Ratio*



In order to determine the best ethanol amount, ethanol to waste frying oil molar ratio was increased from stoichiometric ratio (3:1) to 12:1 with one step increments. In these 10 experiments, the reaction conditions of 1.40 wt.% CH<sub>3</sub>ONa, 75 °C and 4 hours were kept constant. The changes in the product yield, viscosity and density with ethanol amount were given in Table 2. The yield was too low at molar ratio of 3:1. When ethanol amount was increased to 4:1 and 5:1, the conversion importantly increased and was measured as 88.00% at 5:1. This increment continued until the molar ratio of 8:1. At this molar ratio, the yield was calculated as 94.88% which was the highest level among the tested alcohol ratios. The conversion decreased when the ratio was increased to 9:1 and 10:1. When the molar ratio was raised to 11: and 12:1, the glycerol phase separation could not be obtained. This deterioration seen in the ethanolysis reaction with increasing alcohol amount may be explained by the fact that during ethanolysis, the amount of glycerol remaining in ester phase is higher compared to methanolysis and this situation hinders the phase separation by gravity. In addition, excess ethanol might cause to catalyst deactivation, lowering the reaction rate.

**Table 2. Effects of Reaction Parameters on Product Yield, Viscosity and Density.**

Molar Ratio	Yield (%)	Viscosity (mm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> )	Density (kgm <sup>-3</sup> )
3:1	17.36	8.67	897.8
4:1	55.00	5.79	886.2
5:1	88.00	5.19	884.0
6:1	91.24	4.89	880.8
7:1	93.40	4.92	880.4
8:1	94.88	4.92	881.0
9:1	92.08	4.90	880.5
10:1	90.48	4.87	880.7
Reaction Temperature (°C)	Yield (%)	Viscosity (mm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> )	Density (kgm <sup>-3</sup> )
25	95.60	4.90	880.9
35	96.00	4.85	880.6
45	97.44	4.83	880.2
55	95.28	4.81	880.2
65	91.88	4.83	880.4
75	94.88	4.92	881.0
Reaction Duration (min)	Yield (%)	Viscosity (mm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> )	Density (kgm <sup>-3</sup> )
30	69.44	4.93	881.3
45	75.60	4.92	881.1
60	91.04	4.89	880.8
120	99.08	4.88	880.4
180	98.52	4.84	880.1
240	97.44	4.86	880.2

As seen in Table 2, at the molar ratio of 3:1, viscosity value of the product (8.67 mm<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>) was beyond the upper limit. It decreased when the ratio was increased to 4:1 and 5:1. However, 6:1 was the first ethanol:waste frying oil molar ratio at which the viscosity specification was met. After this ratio, the viscosities of ethyl ester biodiesel fuels did not



significantly change. As given in Table 2, density value was very close the upper limit only at 3:1 molar ratio. At higher molar ratios, there was not any problem in terms of this fuel property. The decrement in density continued until the molar ratio of 6:1 and after this ratio stayed almost constant. On condition that the viscosity and the density specifications were met, 8:1 was the ethanol:waste frying oil molar ratio at which the highest conversion was achieved. Therefore, this ratio was kept constant throughout the reaction temperature and the reaction duration optimization experiments.

### ***Optimization of Reaction Temperature***

In the ethanolysis reactions performed for optimizing the reaction temperature, temperature was increased from 25 °C to 75 °C with the increments of 10 °C. The results of these 6 experiments can be seen in Table 2. Even at 25 °C, the obtained yield (95.60%) was satisfactory. When the temperature was raised to 35 °C and 45 °C, the yield increased to 96.00% and 97.44%, respectively. Nevertheless, the conversion declined at the reaction temperatures of 55 °C and 65 °C. The lowest product yield of 91.88% was obtained at 65 °C. Despite a little increase at 75 °C, it could not reach the value which had been obtained at 45 °C. These decreases in the yield may be resulted from the saponification reaction (undesirable side reactions) accelerated by the higher reaction temperatures.

As given in Table 2, although the kinematic viscosities of all ethyl ester fuels were near the upper limit of 5 mm<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>, the viscosity specification could be met at the lowest reaction temperature. The difference between the viscosity values was insignificant. The lowest viscosity of 4.81 mm<sup>2</sup>s<sup>-1</sup> and the highest viscosity of 4.92 mm<sup>2</sup>s<sup>-1</sup> were attained at 55 °C and 75 °C, respectively. As seen in Table 2, density values decreased at 35 °C and 45 °C, stayed almost constant at 55°C and then slightly increased when the reaction temperature was raised to 65 °C and 75 °C. However, this should be noted that the density specification given in EN 14214:2013 could be met at all reaction temperatures, like viscosity specification.

In the ethanolysis reactions carried out to optimize the reaction temperature, the highest product yield of 97.44% were attained at 45 °C. Therefore, this reaction temperature was kept constant in the reaction duration optimization experiments.

### ***Optimization of Reaction Duration***

In ethanolysis experiments which were performed for optimizing the reaction duration, the reaction durations of 30 min, 45 min, 60 min, 120 min, 180 min, and 240 min were tested. The product yield, viscosity and density values obtained at these reaction durations can be seen in Table 2. The low product yields of 69.44% and 75.60% were attained at 30 min and 45 min, respectively. When the reaction duration was raised from 45 min to 60 min, the yield significantly increased and became 91.04%. As the reaction time was increased to 120 min, the conversion ratio continued to increase and reached to 99.08% which was the highest amount. However; when the reaction time was increased to 180 min and 240 min, the product yield decreased to 98.52% and 97.44%, respectively. These reductions with increasing reaction duration could be originated from ethanolysis reaction shifting towards reactants or from the increasing negative influence of undesirable saponification reaction.



The remarkable finding with the viscosity values of ethyl ester biodiesels was that all of them were very close to the upper limit of  $5 \text{ mm}^2\text{s}^{-1}$ , like seen in the temperature optimization experiments. However, the viscosity specification could be met even at the shortest reaction durations of 30 and 45 minutes. As shown in Table 2, the viscosity consistently decreased with the increment in the reaction duration up to 180 min but then it slightly increased at 240 min. There was not any problem in terms of meeting density specification. Very similar to viscosity changes, the densities of ethyl ester fuels regularly decreased until 180 min, but it marginally increased at 240 min.

At the end of these optimization studies, the product yield increased from 91.24% to 99.08% while viscosity and density values stayed almost constant. Optimal reaction conditions found in the laboratory-scale ethanolysis reactions were ethanol:waste frying oil molar ratio of 8:1, 1.40%  $\text{CH}_3\text{ONa}$ , 45 °C and 120 min. The fuel properties of ethyl ester biodiesel produced with the optimal reaction conditions were given in Table 3. All the measured fuel properties of ethyl ester biodiesel obtained with the optimized reaction conditions met the EN 14214 standard, indicating the completeness of the reaction.

Table 3. Some Fuel Properties of the Ethyl Ester Biodiesel Fuel Produced with the Optimal Reaction Conditions.

Property	Unit	EN 14214:2013	Ethyl Ester Biodiesel Fuel
Viscosity (40 °C)	$\text{mm}^2\text{s}^{-1}$	3.5-5.0	4.88
Density (15 °C)	$\text{kg m}^{-3}$	860-900	880.4
Flash Point	°C	101 min	165
Sulfur Content	ppm	10.0 max	6.40
Cetane Number	-	51 min	53.50
Water Content	ppm	500 max	486.09
Copper Strip			
Corrosion (3 h, 50 °C)	Degree of Corrosivity	No 1 max	No 1
Acid Value	$\text{mg KOH g}^{-1}$	0.50 max	0.29
Iodine Value	$\text{g I}_2 100 \text{ g}^{-1}$	120 max	108.75
Monoglyceride	% (mass)	0.70 max	0.30
Diglyceride	% (mass)	0.20 max	0.10
Triglyceride	% (mass)	0.20 max	0.08
Free Glycerin	% (mass)	0.02 max	0.0076
Total Glycerin	% (mass)	0.25 max	0.106
Cold Filter Plugging Point	°C	-	7
Higher Heating Value	$\text{kJ kg}^{-1}$	-	40014

One of the most critical issues which must be emphasized about ethyl ester production is that water washing process should be paid particular attention compared to methyl ester production. It was encountered that ethyl esters had great tendency to form emulsion with washing water, causing serious foaming problem. In order to minimize this problem, the distilled water at room temperature was used in the first two washing steps. The last three



steps were done with hot distilled water (60 °C). In addition, washing water was slowly injected into the ethyl ester and gently stirred. Nevertheless, in spite of all these precautions mentioned above, during water washing of ethyl ester relatively more emulsification problem was observed compared to methyl ester, making the gravity separation very difficult and lowering the product yield.

Another critical point observed during the storage of ethyl ester biodiesel fuels was the sediment formation (like residue) in the bottom of the storage bottle. This precipitation problem was seen in the all ethyl ester samples without any exceptions. At first, it was thought that this phenomenon was caused by the relatively higher freezing points of ethyl ester fuels. However, this situation occurred at even higher temperatures. This sediment may cause to serious problems during storage of ethyl ester biodiesel fuels.

## CONCLUSION

According to the results of this study, alkaline catalyst type used in ethanolysis reaction is very crucial. Hydroxide catalysts were unsuccessful in catalyzing the ethanolysis. Glycerol phase separation was obtained with alkoxide catalysts, the highest yield and the fuel quality were achieved with 1.40 wt.% CH<sub>3</sub>ONa. If the required reaction conditions are determined, fuel quality ethyl ester biodiesel can be produced using one-step transesterification. Compared to methanolysis, ethanolysis requires more alcohol usage, higher reaction temperatures and longer reaction durations, without exceeding the certain limits. Water washing process in the ethyl ester fuel production is very difficult because of emulsion formation and foaming problems. This may be avoided by dry washing. It seems that the precipitation problem (sediment formation) can be very problematic for the large scale usage of ethyl ester biodiesel fuels. This problem and its reasons should be investigated in detail.

## REFERENCES

- Bouaid, A., Martinez, M., & Aracil, J. (2007). A comparative study of the production of ethyl esters from vegetable oils as a biodiesel fuel optimization by factorial design. *Chemical Engineering Journal*, 134, 93-99.
- Cernoch, M., Hajek, M., & Skopal, F. (2010). Study of effects of some reaction conditions on ethanolysis of rapeseed oil with dispergation. *Bioresource Technology*, 101, 1213-1219.
- Issariyakul, T., Kulkarni, M. G., Meher, L. C., Dalai, A. K. & Bakshi, N. N. (2008). Biodiesel production from mixtures of canola oil and used cooking oil. *Chemical Engineering Journal*, 140, 77-85.
- Mendow, G., Veizaga, N. S., & Querini, C. A. (2011). Ethyl ester production by homogeneous alkaline transesterification: influence of the catalyst. *Bioresource Technology*, 102, 6385-6391.
- Nikhom, R., & Tongurai, C. (2014). Production development of ethyl ester biodiesel from palm oil using a continuous deglycerolisation process. *Fuel*, 117, 926-931.
- Ragit, S. S., Mohapatra, S. K., Kundu, K., & Karmakan, R. (2013). Methanolysis and ethanolysis of raw hemp oil: biodiesel production and fuel characterization. *International Journal Engineering Research & Technology*, 2, 1-10.
- Sanli, H., Canakci, M., Alptekin, E., Turkcan, A., & Ozsezen, A. N. (2015). Effects of waste frying oil based methyl and ethyl ester biodiesel fuels on the performance, combustion and emission characteristics of a DI diesel engine. *Fuel*, 159, 179-187.



- Suppalakpanya, K., Ratanawilai, S. B., & Tongurai, C. (2010). Production of ethyl ester from crude palm oil by two-step reaction with a microwave system. *Fuel*, 89, 2140-2144.
- Zhou, W., Konar, S. K., & Boocock, D. G. V. (2003). Ethyl esters from the single-phase base-catalyzed ethanolysis of vegetable oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 80, 367-371.



## INVESTIGATION OF THE SUCCESS OF PID AND FUZZY TYPE INSPECTION METHODS IN SPEED CONTROL OF SHUNT EXCITED DC MOTOR

Mahmut ALTUN

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Merkez/Kahramanmaraş

mahmutaltun@ksu.edu.tr

Yunus ÇELİK

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Merkez/Kahramanmaraş

ycelik@ksu.edu.tr

Mahit GÜNEŞ

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Merkez/Kahramanmaraş

mgunes@ksu.edu.tr

**ABSTRACT:** DC motors are widely used in the area of industry and home tools. That's why their speed control is quite important. There are modern and traditional methods exist for speed control of DC motors. PID control which is well known traditional control method is a quite successful way to control motors in some circumstances and currently used for linear systems or systems having simple mathematical models. On the other hand, it has been seen that this method is not good enough for non-linear systems and systems having complicated mathematical models. The other control method is fuzzy logic control. This modern control method is proposed after fuzzy logic idea comes up and find a place for control industry. Fuzzy logic controller gives successful response for DC motor speed control. In this paper, simulation works were done and graphics were created for DC shunt motor speed control by using PID and Fuzzy controller. The success of control methods was evaluated and compared by considering simulation results.

**Key words:** dc motor, pid controller, fuzzy controller.

## ŞÖNT UYARTIMLI DOĞRU AKIM MOTORUN HIZ DENETİMİNDE PID VE FUZZY TİPİ DENETİM YÖNTEMLERİNİN BAŞARIMLARININ İNCELENMESİ

**ÖZET:** Doğru akım motorları endüstride ve ev araç-gereçlerinde çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bu yüzden doğru akım motorlarının hız denetimi büyük önem taşımaktadır. Doğru akım motorların hız kontrolü için modern ve klasik kontrol yöntemleri mevcuttur. Bu kontrol yöntemlerinden klasik olan PID kontrolör tekniği birçok durumda başarılı sonuçlar vermektedir ve günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak lineer olmayan, modeli karmaşık olan veya modellenmesi imkânsız olan kontrol sistemlerinin klasik denetim yöntemleriyle hız kontrolünün yapıldığı uygulamalarda yüksek verimli kontrol sağlanamadığı görülmüştür. Bir diğer kontrol teknigi ise bulanık mantık ile kontroldür. Bu modern kontrol teknigi bulanık mantık fikri ortaya atıldıktan sonra çıkmıştır ve kontrol sahasında kendisine önemli bir yer bulmuştur. Birçok alanda daha başarılı



sonuçlar veren bulanık mantık kontrolörler doğru akım motorun hız denetiminde de başarılı sonuçlar vermektedirler. Bu çalışmada, bulanık mantık denetleyici ve klasik PID tipi denetleyici ile şönt uyartımlı doğru akım motorunun hız kontrolü için benzetim çalışmaları yapılmış ve grafikler elde edilmiştir. Simülasyon sonuçlarından elde edilen verilerin analizleri yapılarak kullanılan kontrol yöntemlerinin başarılamları karşılaştırılmıştır.

**Anahtar sözcükler:** dc motor, pid kontrolör, bulanık mantık kontrolör

## GİRİŞ

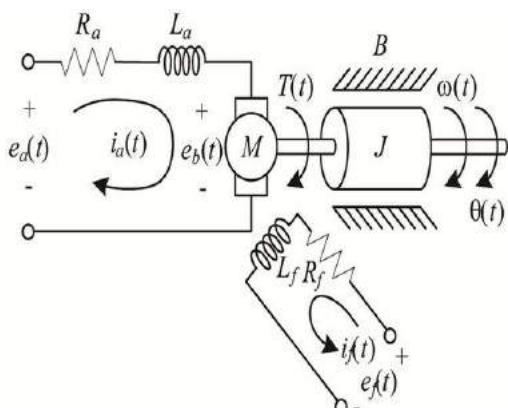
DC motorların kontrol edilmesinde oransal(P),integrasyon(I) ve türevsel (D) kontrolörler ve bunların kombinasyonları kullanılır. Ancak bazı durumlarda PID parametrelerinin belirlenmesi zaman alıcı ve zahmetli olmaktadır. Endüstride çeşitli kontrol üniteleri mevcut olup bunların doğru bir şekilde kullanılması ekonomik ve performans anlamında büyük faydalara sahiptir [1]. Bu çalışmanın amacı DC motor kontrolü için fuzzy kontroller dizayn etmek ve performansını bir PID ile karşılaştırmaktır. DC motorlar güvenilir esnek ve ucuz olduklarından dolayı endüstride, robot sanayisinde ve ev araç gereçlerinde yaygın bir şekilde kullanılırlar. DC motorların daha çok hız ve konum parametreleri kontrol edilir. Bu çalışmada hız kontrolü üzerinde durulmuştur. Kontrol sistemleri bir durumdan başka bir duruma geçerken kararsızlık, titreşim, uzun yerleşme süresi ve referans noktayı aşma gibi problemlerle karşılaşırlar. Bu problemlerin çözümü ise çok doğru bir şekilde modellemek ve yüksek performanslı bir kontrol sağlamaklaştırmaktan geçer. Pratikteki sistemler lineer değildir ve bu sistemleri çok doğru bir şekilde modellemek pahalı ve neredeyse imkânsızdır. Geleneksel PID kontrolörler ile linear olmayan sistemleri kontrol etmek zordur [2]. Bu yüzden bozucu hataları minimize eden daha gelişmiş kontrol tekniklerini kullanmak daha başarılı bir kontrol sağlayamamızda bize yardımcı olur. Bu tekniklerin başında bilgi tabanlı uzman sistemler, bulanık mantık kontrolü ve yapay sinir ağları gelir. Bu üç akıllı kontrol tekniği umut vadeden ve popüler tekniklerdir. A.Zadeh 1973 yılında bulanık mantık ilkesini ortaya atmıştır. Bulanık mantık geleneksel mantık sistemlerinin aksine doğrusal olmayan, titiz olmayan sistemleri modelleyebilir. Bulanık mantık daha basit, daha hızlı ve güvenilir çözümler sunar ve geleneksel tekniklere göre daha avantajlıdır. Bulanık mantık birçok kontrol sistemine başarılı bir şekilde uygulanabilir. En yaygın olarak PID kontrolör yerine kullanılır. PID kontrolörde sistemin matematiksel modeline ihtiyaç duyulur [2][5]. Bulanık mantık kontrolör ise bu metoda alternatif bir metottur. Matematiksel modele ihtiyaç duymadan ve basit if-then kurallarıyla ifade edilebilirler. Bulanık mantık kontrolörü geleneksel kontrol metodlarına göre daha iyidir çünkü daha geniş bir işlem alanına sahiptir ve farklı bir yapıdaki bozucu sinyallerle de çalışabilir. Günümüz kontrol sistemleri her geçen gün daha karmaşık hale gelmektedir, bu yüzden geleneksel kontrolörler yerine modern kontrolörler tercih edilmektedir.

Bu çalışmada basamak fonksiyonu ve değişken fonksiyonlar girişe olacak şekilde klasik kontrol yöntemi olan PID ve modern kontrol yöntemi olan bulanık kontrolörler dizayn edilmiştir ve performans analizleri yapılmıştır.

## DC Motorun Matematiksel Modeli

Bu çalışmada parametreleri önceden belirli olan bir şönt uyartımlı doğru akım (DC) motorun bulanık mantık fuzzy ve PID yöntemiyle hız kontrolü sağlanmıştır. DC motorlarda direnç, endüktans, kapasitans (R, L, C) değerleri zamanla değişimelidir. DC motorlar sağlam bir şekilde kontrolü gerçekleştirilebilir ve yüksek performansa sahiptirler. Hız kontrolü DC motorlarda farklı genişlikte ayarlanabilir. Endüstriyel alanlarda hız ve

hassas konumlandırma uygulamalarında kullanımı oldukça yaygındır. Motorların hız kontrolü endüstriyel alanlarda kullanımıyla birlikte PID teknigini yaygınlaştırmıştır. Doğrusal olmayan sistemlerde son zamanlarda Fuzzy kontrolün başarısı da ilgi çekmiştir ve uygulamalarda yerini almaya başlamıştır. Sistemlerin kontrolü için PID ve Fuzzy kontrol mekanizmaları ön planda olup istenen kontrolün yapılabilmesi için sistemlerin matematiksel modelinin çıkartılması gerekmektedir. Bu sebeple bu kısımda, kontrol edilen sistemlerden biri olan şönt uyartımlı DC motorun fiziksel olarak şeması ve matematiksel olarak modellenmesi yapılmış olup motorun çalışmasına ait denklemler elde edilmişdir [5][6][9].



Şekil 1: DC Motorun Fiziksel Modeli

DC motorun çalışmasını ifade eden denklemler aşağıdaki gibidir. Armatür gerilimi denklem (1) deki gibidir,

$$V_a(t) = R_a I_a(t) + L_a \frac{dI_a(t)}{dt} + E_b(t) \quad (1)$$

Zit elektromotor kuvveti (EMK) ise denklem (2) deki gibi, olarak ifade edilir.

$$E_b(t) = K_b \omega(t) \quad (2)$$

Tork dengesi ise sırasıyla denklem (3) ve denklem (4) teki gibi yazılacaktır,

$$T_m(t) = K_t I_a(t) \quad (3)$$

$$T_m(t) = J_m \frac{d\omega(t)}{dt} + B_m \omega(t) + T_{yük} \quad (4)$$

‘θ’ konumunun zamana göre türevi ise ‘ω’ açısal hızı verecek olup denklem (5) teki gibi yazılabılır.

$$\omega(t) = \frac{d\theta(t)}{dt} \quad (5)$$

PID ve Fuzzy kontrolünü gerçekleştireceğimiz simülasyon bloklarını (1) ve (4) denklemleri düzenleyerek denklem (6) ve denklem (7) deki gibi elde ederiz.

$$V_a(t) = R_a I_a(t) + L_a \frac{dI_a(t)}{dt} + K_b \omega(t) \quad (6)$$



$$K_t I_a(t) = J_m \frac{d\omega(t)}{dt} + B_m \omega(t) + T_{yük} \quad (7)$$

Motorun kontrolü için zaman domainde yada s domainde gerçekleştirilebiliriz. Tercih edeceğimiz form "s" domaini ise denklem (6) ve denklem (7) nin laplace dönüşümlerini alırız ve "s" domainde denklem (8) ve denklem (9) şeklinde elde ederiz.

$$V_a(s) = R_a I_a(s) + s L_a I_a(s) + K_b \omega(s) \quad (8)$$

$$K_t I_a(s) = s J_m \omega(s) + B_m \omega(s) + T_{yük} \quad (9)$$

Denklem (9) daki  $I_a$  ifadesi diğer bileşenler türünden aşağıdaki gibi elde edilip denklem (8) de yerine yazılrsa,

$$I_a(s) = \frac{s J_m \omega(s) + B_m \omega(s) + T_{yük}}{K_t} \quad (10)$$

ifadesinde yükün olmadığı varsayılsın,

$$V_a(s) = w(s) \frac{\left[ s^2 L_a J_m(s) + s(R_a J_m(s) + L_a B_m) + (R_a B_m + K_b K_t) \right]}{K_t} \quad (11)$$

olarak elde edilir. Burada literatürdeki bazı çalışmalarında  $B_m$  viskoz sürtünme katsayısını sıfır alan çalışmaların da var olduğunu söyleyebiliriz. Denklem (11) de rotor şaft hızı ile uygulanan armatür gerilimi arasındaki bağıntı transfer fonksiyonu olarak elde ederiz ve denklem (12) de olduğu gibi düzenleriz.

$$\frac{w(s)}{V_a(s)} = \frac{K_T}{\left[ s^2 L_a J_m(s) + s(R_a J_m(s) + L_a B_m) + (R_a B_m + K_b K_t) \right]} \quad (12)$$

Burada denklem (5)'e donecek olursak açısal konumun türevi açısal hızı vermektedir. Bu bilgiden faydalananarak konum ve hız arasındaki "s" domain bağıntısını denklem (13) teki gibi ilişkilendirebiliriz.

$$\omega(s) = s \theta(s) \quad (13)$$

Daha sonra denklem (13) ü denklem (12) de yerine yazdığımızda açısal konum ve armatür gerilimi arasındaki bağıntıyı denklem (14) te olduğu gibi elde ederiz.

$$\frac{\theta(s)}{V_a(s)} = \frac{K_T}{\left[ s^3 L_a J_m(s) + s^2 (R_a J_m(s) + L_a B_m) + s (R_a B_m + K_b K_t) \right]} \quad (14)$$

Burada motor parametre değerleri yerine yazıldığında transfer fonksiyonu elde edilmiş olacaktır [8][9].

Tablo 1: Motor Parametreleri Tablosu

Parametre	Sembol	Birim
Armatür gerilimi	V	Volt
Armatür akımı	I <sub>a</sub>	Amper
Armatür direnci	R <sub>a</sub>	Ohm
Armatür	H	Henry

<b>endüktansı</b>		
<b>Açışal hız</b>	$\omega$	Rad/s
<b>Açışal konum</b>	$\theta$	Rad
<b>Motor torku</b>	Tm	N.m
<b>Tork sabiti</b>	Kt	N.m/A
<b>Rotor eylemsizliği</b>	Jm	Kg.m <sup>2</sup>
<b>Zıt EMK sabiti</b>	Kb	V.s/rad
<b>Viskoz sürütme katsayısı</b>	Bm	N.m.s/rad

### Modellemesi yapılan DC motorun parametre değerleri:

Va=200 V

Ra=0,5 ohm

La=0.02 H

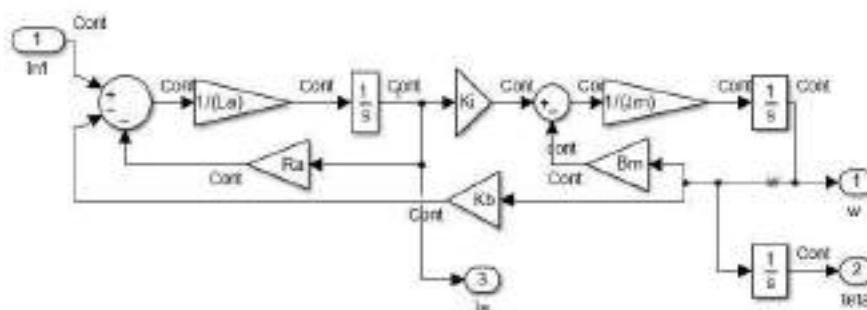
Jm=0,1 Kg.m<sup>2</sup>

Bm=0.008 N.m.s/rad

Zıt EMK=1.25 V.s/rad

Tork sabiti=0,5 N.m/A

Aşağıda Şekil.1 de denklem (6) ve denklem (7) baz alınarak DC motorun Matlab simulink blok şeması gösterilmiştir.



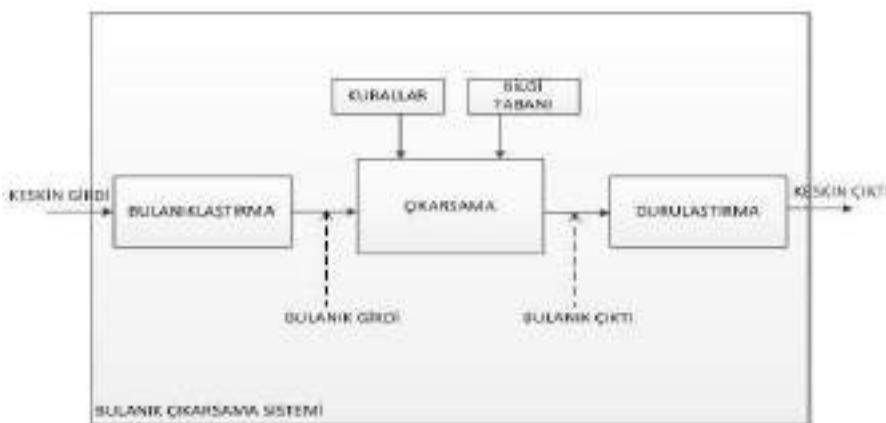
Şekil 2: DC Motor Simulink Blok Şeması

## YÖNTEM

### Bulanık Mantık Kontrol

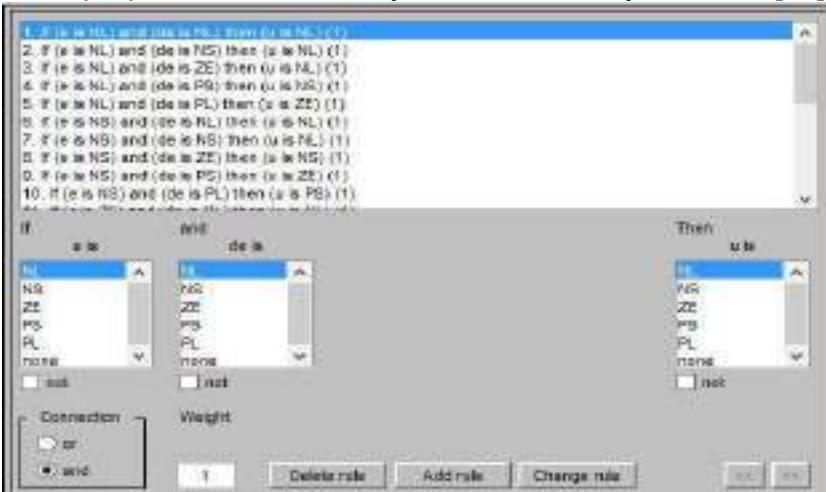
Fuzzy Sistemler kural tabanlı sistemlerdir. Fuzzy sisteminin en önemli olayı if-then kurallarıdır. Bir fuzzy if-then ifadesi sürekli bir üyelik fonksiyonu tarafından karakterize edilmiştir. Fuzzy sistemini ve üyelik fonksiyonlarını tanımladıktan sonra, kurallar kontrol değişkenlerinin her bileşeninin alınmış olması için tanımlanmış olmalıdır. Bu kurallar karar verilmek üzere if-then ifadelerini kullanarak giriş değişkenlerini çıkış değişkenleri ile ilişkilendirir. Örneğin If Arabanın hızı yüksekse, Then Gaza daha az bas. If Basınç yüksekse, Then hacim düşüktür. Fuzzy üyelik fonksiyonlarını tanımlamak için, programcılar çıkarımlarından ve tecrübelerinden yola çıkararak birçok farklı şekiller ortaya

koymuşlardır. Bulanık kontrol aşamaları temel olarak bulanıklaştırma, çıkışım, kural tabanı ve durulama olarak dört temel başlıkta ele alınabilir[3][4].



*Şekil 3: Fuzzy Kontrol yapısı*

Bulanıklaştırma safhası ( fuzzification ), sistemden alınan giriş bilgilerini dilsel terimlere dönüştürür. Bulanık çıkarım birimi, bulanıklaştırma safhasından gelen bulanık değerleri, kural tabanındaki kurallar üzerinde uygulayarak bulanık sonuçlar üretir. Çıkışta keskin (krisp) bir değer elde etmek için Durulama (Defuzzification) safhası devreye girer ve keskin olan çıkış oluşturulur. Bulanık çıkarım yöntemleri içerisinde en yaygın kullanılanı ve bu çalışmada da kullanılan yöntem Mamdani yöntemidir [10][11].



Sekil 4: FIS editörü 5 X 5 lik Kural tablosuna göre 25 tane If-Then ifadesi

Kural tabanına gömülen kural tablosu çalışması. Kural tabanına gömülen 5X5 lik kural tablosu çalışması 25 adet if-then (eğer-ise) ifadesi ile aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

*Tablo 2: Bulanık kural tablosu*

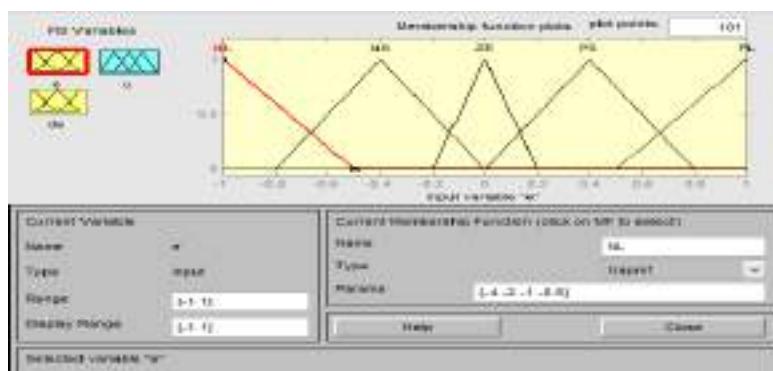
$\Delta e \backslash e$	NL	NS	ZE	PS	PL
NL	NL	NL	NL	NS	ZE
NS	NL	NL	NS	ZE	PS
ZE	NL	NS	ZE	PS	PL
PS	NS	ZE	PS	PL	PL

PL	ZE	PS	PL	PL	PL
----	----	----	----	----	----

- e -hata (istenen değer ile gerçek değer arasındaki fark)
- $\Delta e$  -hata değişimi (mevcut hata ile önceki hata )

### Sistemin Simulinkte Modellenmesi

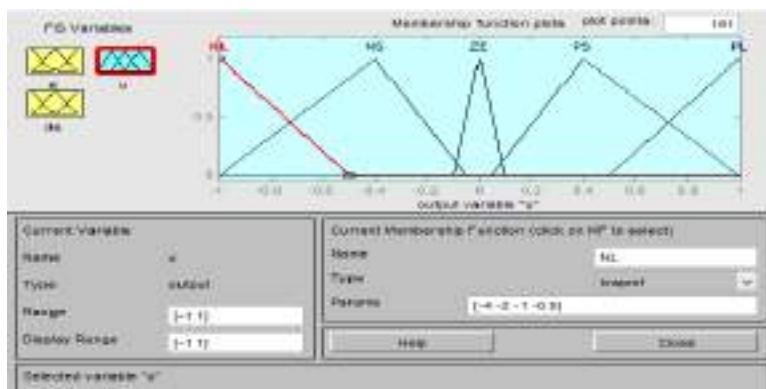
Sistemin modellenmesi modern kontrol yöntemi olan bulanık mantık ve klasik kontrol yöntemi olan PID ile yapılmıştır. Şekil. den görüleceği üzere bulanık model fuzzy logic controller ve DC motor modelinin birleşiminden oluşmaktadır. Burada Fuzzy Logic Control organının iç kısmına kural tabloları ve üyelik fonksiyonları gömülüdür ve tablo 2 de gösterilmiştir. DC motor modeli ise Şekil. 2 de verilmiştir. Bu modellere sırasıyla step ve değişken girişler uygulanmıştır. Bulanık mantık kontrol organının içine gömülü olan üyelik fonksiyonları aşağıda şekil 5, şekil 6, şekil 7 de olmak üzere ayrı ayrı gösterilmiştir. Bu çalışmada kullanılan üyelik fonksiyonları üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonlardır. Kural tablosu ve üyelik fonksiyonlarının geliştirilmesi ile kontrol daha başarılı bir hale gelebilir. Negatif Büyük ve Pozitif Büyük değerleri için Yamuk Üyelik Fonksiyonu kullanılmıştır. Diğer değerler için Üçgen Üyelik Fonksiyonu kullanılmıştır [3][4][12].



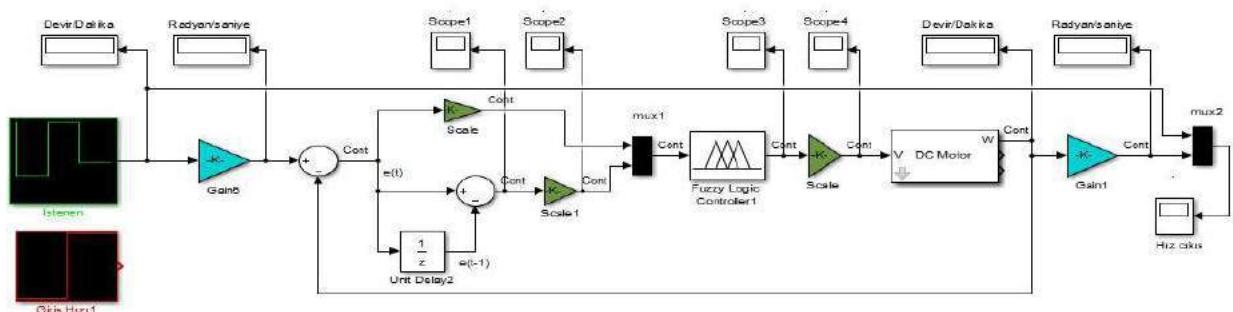
Şekil 5: e-hata değeri için tanımlanan üyelik fonksiyonu kümeleri



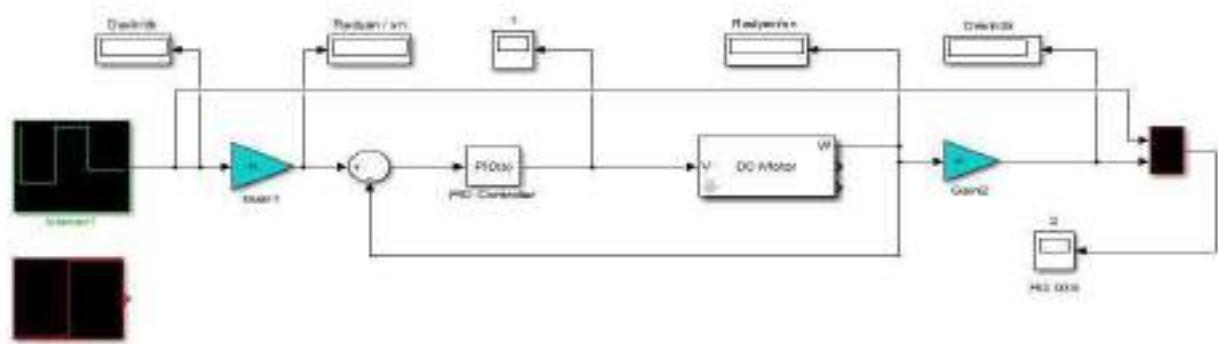
Şekil 6: de-Hata değişimi için tanımlanan üyelik fonksiyonu kümeleri



Şekil 7: u-Çıkış değeri için tanımlanan üyelik fonksiyonu kümeleri



Şekil 8: DC Motor Bulanık Kontrolör blok mekanizması

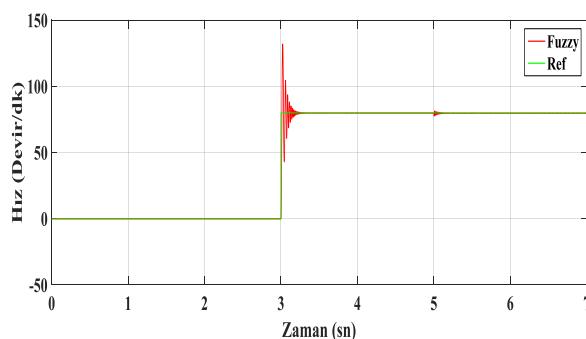


Şekil 9: DC Motor PID Kontrolör blok mekanizması

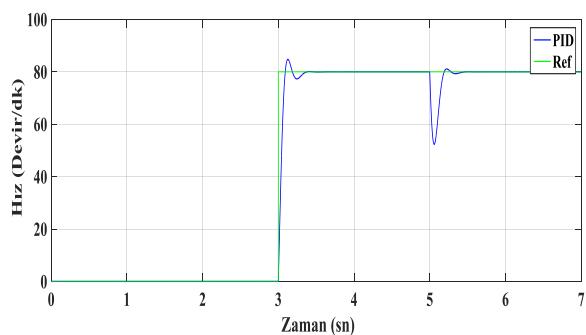
## BULGULAR

### Simülasyon Sonuçları

İlk olarak step (birim adım) giriş olarak referans hız başlangıçta 0 devir/dk dir ve 3. sn de 80 devir/dk ya çıkarılmıştır sonrasında ise 5. Sn de sisteme 10 N.m lik bir yük etki etmiştir. Sistemin fuzzy kontrol ve PID kontrol ile gerçek çıkışı yakalanmaya çalışılmıştır.

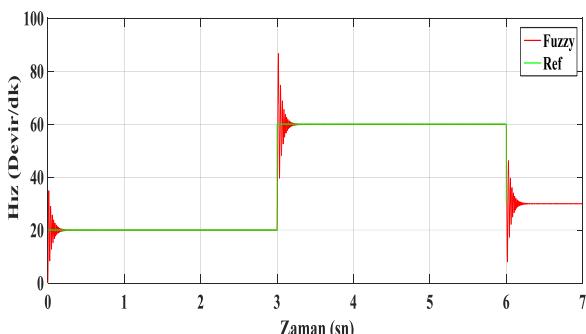


*Şekil 10: Birim adım referans girişli Fuzzy Kontrol Simülasyon sonuçları*

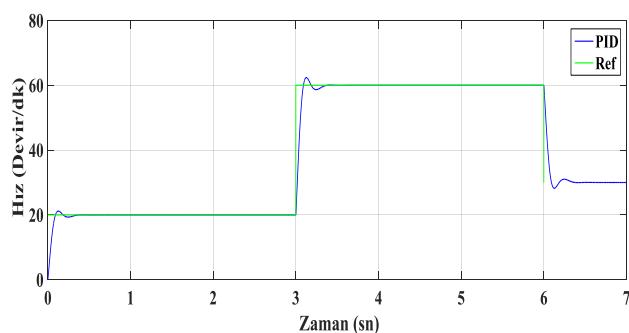


*Şekil 11: Birim adım referans girişli PID Kontrol Simülasyon sonuçları*

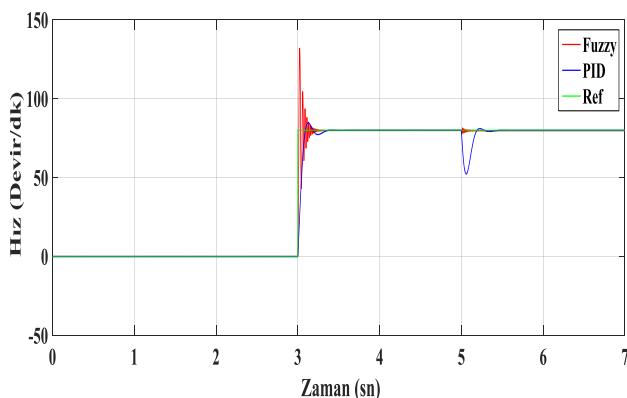
Diğer ise basamak tekrarlı dizi referans giriş uygulandığında hız başlangıçta 20 devir/dk dir ve 3. sn de 60 devir/dk ve 6. sn de 30 devir/dk şeklinde ayarlanmıştır. Sistemin fuzzy kontrol ve PID kontrol ile gerçek çıkışı yakalanmaya çalışılmıştır.



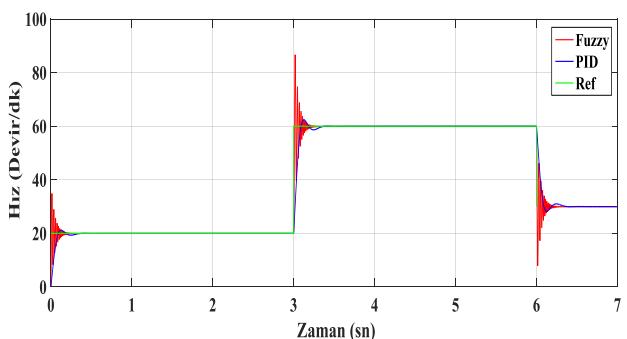
*Şekil 12: Tekrarlı dizi referans girişli Fuzzy Kontrol Simülasyon sonuçları*



*Şekil 13: Tekrarlı dizi referans PID Kontrol Simülasyon sonuçları*



*Şekil 14: Birim adım referans girişli sistem için PID ve Bulanık Kontrol Simülasyon sonuçları*



*Şekil 15: Tekrarlı dizi referans girişli sistem için PID ve Bulanık Kontrol Simülasyon sonuçları*

## SONUÇ

Doğru akım motorlarının sanayi ve ev araç gereçlerinde yaygın olarak bulunması, bu motorların yüksek performansta denetlenmesinin önemini artırmaktadır. Bu çalışmada, 5.saniyede 10 N.m yüklenen bir sistemin bulanık mantık denetleyici ve klasik PID tipi denetleyici ile şönt uyartımlı doğru akım motorunun hız kontrolü için benzetim çalışmaları yapılmıştır. Kontrolün referans girişleri birim adım ve değişken değerler olarak seçilmiştir. Simülasyon sonuçlarından elde edilen grafikler sonucunda yük uygulanan sistemde PID denetim overshoot(aşım) kısmında başarılı olurken settling(oturma) süresi bulanık denetime kıyasla daha uzun sürmüştür. Bununla beraber bulanık denetim uygulanan sistemde osilasyon fazla olurken PID denetim bu konuda çok az osilasyon tepkisi verdiği görülmüştür. Bütün koşullar göz önüne alındığında alındığında sisteme yük bindiği zaman bulanık denetim daha başarılı sonuçlar verirken yüksüz durumda PID denetim kısa settling time ve az osilasyon başarısı göstermiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] Yaraş, İ., Hüseyinov, R, Namazov, M, Çelikkale, İ, Şeker, M. (2013). Fuzzy Control and Sliding Mode Fuzzy Control of DC Motor. Journal of Engineering and Natural Sciences Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi.
- [2] Kushwah, R, Wadhwan, S. (2013). Speed Control of Separately Excited Dc Motor Using Fuzzy Logic Controller. International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT) - Volume4 Issue6.



- [3] Özçalık, H, Kılıç, E,Şit, S. (2016). Uzay Vektör Darbe Genişlik Modülasyonu İle Sürülen Üç Fazlı Bir Asenkron Motorun Denetiminde PI-Fuzzy Tipi Denetim Yönteminin Başarısının İncelenmesi. International Journal of Engineering Science Invention, Volume 5, Issue 11.
- [4] O., Ekren. (2009). Fuzzy logic control of the compressor speed and electronic expansion valve in a chiller. Dokuz Eylül University, Institute of Science, Doctoral Thesis, İzmir, Turkey.
- [5] İ. Yüksel. (2009). Otomatik Kontrol Sistem Dinamiği ve Denetim Sistemleri, Matlab ile Genişletilmiş 6. Baskı, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- [6] B.C. Kuo. (1999). Otomatik kontrol Sistemleri, 7. Baskı, Literatür Yayıncılık, İstanbul.
- [7] L.A. Zadeh. (1965). Fuzzy Sets, Information and Control. s. 338-353.
- [8] M. Namazov, O. Baştürk. (2010). DC Motor Position Control Using Fuzzy Proportional-Derivative Controllers with Different Defuzzification Methods. Turkish J. of Fuzzy Syst. s. 36-54.
- [9] M. Fallahi and S. Azadi. (2009). Fuzzy PID Sliding Mode Controller Design for the Position Control of a DC Motor. International Conference on Education Technology and Computer, s. 73-77.
- [10] Özkop, E., Altaş, İ.H. (2007). Bulanık Mantık Denetleyici ile Aktif Otomobil Süspansiyon Denetimi" XII. EEBB Mühendisliği Ulusal Kongresi Ve Fuarı, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir.
- [11] Paçacı, S. (2011). Yapay Sinir Ağları, Bulanık Mantık ve Sinirsel Bulanık Denetleyiciler ile Asenkron Motorların Hız Denetimi İçin Simülatör Tasarımı. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- [12] Gani, A., Keçecioglu F., Yıldız, C., Şekkeli, M. (2016). Improved control configuration of PWM rectifiers based on neuro fuzzy controller. SpringerPlus, pp. 0–0.



## EFFECT OF STIFFENERS ON STRUCTURAL BEHAVIOR OF STEEL LIQUIDS TANK

Mahmood Hunar DHEYAALDIN  
Research scholar, Department Civil Engineering  
[Mahmood.honer@gmail.com](mailto:Mahmood.honer@gmail.com)

Mustafa ÖZAKÇA  
Professor, Department Civil Engineering  
[ozakca@gantep.edu.tr](mailto:ozakca@gantep.edu.tr)

Abubaker Sami DHEYAB  
Research scholar, Department Civil Engineering  
[bakersami.bd@gmail.com](mailto:bakersami.bd@gmail.com)

**ABSTRACT:** The finite element (FE) method is used to conduct an analysis of liquid storage tanks. This research has focused on the behaviors, under static condition, free vibration and buckling of steel liquid tanks which are designed according to API 650 standards. The mechanical characteristics of the materials and the real geometrical and load measures have been considered in the numerical model. These storage tanks are connecting with American standard steel shape profiles. The equivalent stress (Von-Mises) distribution, deformation in the circular wall of the liquid tank, buckling load and fundamental frequency are computed using finite element method in order to investigate the effect of type of the stiffener, number of course and location of stiffener on the structural behavior of liquid tanks. The uses of the stiffener decrease the stress of wall tank and improve the other structural behaviors.

**Key words:** Finite element method, Stiffener, Storage tank, API-650 standard

## INTRODUCTION

The design and maintenance of atmospheric and low-pressure vessels for liquid storage is becoming ever more vital as water and crude oil storage capacity utilization rises and water and oil storage capacity demands grow globally. On the other hand, failure of liquid storage tanks may lead to disaster due to the water crisis, fire, health and environmental hazard owing to the spread of chemicals or/and liquid fuel. Cylindrical tanks have been used in almost all sectors of industry, mainly as the tanks for storage of water or other liquids. Ground tanks, which are also known as reservoirs, can take different shapes (e.g. rectangular, cylindrical, and cylindrical with conical base). From the structural point of view, cylindrical tanks are very suitable as the external walls in the horizontal direction have been loaded only by tension or pressure, while in other types of tanks, the load is combined. Cylindrical tanks are appropriate also with respect to the low consumption of material needed for their construction. Presently more than 70 % of all tanks are of the circular ground plan. In a cylindrical liquid storage tank, it is further classified, including the open top tank, fixed roof tank, external floating roof and internal floating roof tank. The type of storage tank used for the specified product is principally determined by safety and environmental requirements. Operation cost and cost-effectiveness are the main factors in selecting the type of storage tank (Chauhan, 2012).



There are two approaches for modeling liquid storage tanks by using analytical and numerical modeling techniques. The analytical modeling technique has been defined as a simplified model that had been developed by different researchers (Elkholy et al 2014) However, the analytical models including the fluid-structure interaction system and/or the soil structures integration system are very complex to solve. The most powerful numerical method is finite element (FE) method. In a method, the main objective is to create a mathematical representation of the engineering system that reflects its actual geometry and behavior (Housner et al 1963). The FE structural analysis program, ANSYS (Canonsburg, 2013b) was used in this study to produce the FE modeling needed for the tank analysis. Building FE models in ANSYS requires familiarity with the ANSYS operating manual and element library. Each element in ANSYS has specific properties and behaviors to be defined according to the structure in the problem (Elkholy et al, 2014) (Canonsburg, 2013a).

Because of the complexity added by the grid of rafters and rings, researchers and designers working on advanced analysis models to simulate the effect of such as fluid-structure interaction, soil structure interaction, buckling behavior, seismic load, wind load etc. (Burgos et al, 2015) Meanwhile, some of the researchers attempt to simplify the structural analysis by eliminating the three-dimensional grid and substituting it by a modification in the thickness of the roof. Such “equivalent” roof is a self-supported shell with a modified thickness, but also the weight needs to be adjusted in order to avoid having an excessively heavy roof which would buckle under self-weight. This approach may be found in many research papers (Fakhim et al 2009). Even simpler models have been considered in the literature, in which the roof is completely eliminated and its influence is represented by simply supported boundary conditions at the top of the cylindrical shell (Cao et al, 2010) Such simplifications are not motivated by computer time constraints but are frequently made to simplify modeling and data entry.

There are many numbers of options available for liquid tanks. Back in 1961, the American Petroleum Institute published the API Standard (API, 2013) which covers material, design, fabrication, erection, and inspection of petroleum tanks. The standard is designed to provide flexibility for the owner: As long as bulk oil storage tanks meet these minimum requirements, they can be of any size. Safety is a priority, but beyond that, a tank buyer has a lot of options.

The main objective of the present work is to investigate number of course, the number, location and type of stiffener on structural performance of liquids tanks. The cylindrical tanks are initially design based on API 650 code (API, 2013) In this preliminary design, wall thicknesses, number of courses and stiffener are evaluated. The FE structural analysis program, ANSYS (Canonsburg, 2013b) was used in this study to investigated the structural behavior of preliminary designed liquid shells in details. The critical buckling load, fundamental frequency, deformations and stress distribution in cylindrical liquid tank are computed.

## Liquid Storage Tank Design

A tank design must first be completed using static analysis before evaluating and designing a tank for seismic loads and buckling. Many different tank configurations were chosen in order to encompass a wide range of results. These configurations were characterized by their ratio of height to the radius, commonly referred to as the aspect ratio. Low and high aspect ratios correspond to broad and slender tanks, respectively. Broad and slender tanks behave in different manners and, therefore, should be expected to have different limiting



design criteria. For example, a tank with a large radius contains more liquid per foot of elevation than small radius tank, and therefore, would be expected to produce higher total inertial forces on the shell wall compared to a tank with identical height and smaller radius. In this sense, impulsive mass contributions increase with an increase in tank radius while maintaining a constant depth of liquid. Broad tanks, in general, generate larger free surface waves and therefore have higher convective mass proportions compared to tall, slender tanks. For high aspect, ratios stability can control the design, where overturning and uplift of unanchored tanks are of great concern, while material limits are still critical (Spritzer et al, 2017).

Tank design codes reflect the culmination of decades of work by many dedicated individuals. Using these standards helps to ensure that tanks will be able to stand the rigors of the elements and conditions to which they are subjected. They ultimately lie in the pages of the following codes and standards (Mayeux et al, 2016):

- American Petroleum Institute (API) 650 (API, 2013)
- BS EN 14015:2004 (British Standards Institution (BSI), 2004)
- API 620 (American Petroleum Institute, 2002)

### Liquid storage tank design based on API 650

Tank thickness: The API 650 code can be used for designs of welded liquid storage steel tanks where the internal pressure is less than or equal to 2.5 psi. The calculation of the thickness of the liquid cylindrical storage tank is explained in Section 3.6 of API 650 (API, 2013) In this section, there are two methods for consideration:

- Calculation of Thickness by the 1-Foot Method
- Calculation of Thickness by the Variable Point Method.

The 1-foot method computes the required plate thickness at a distance of one foot above the bottom of each shell course and is applicable to tanks 200ft (61 m) and less in diameter. The basic equation in SI customary units looks something like this:

$$\text{thickness required} = \frac{4.9D(H - 0.3)G}{(S_d)(E)} + CA$$

The variable point method is an alternative to the 1-foot method and can be used for tanks in excess of 200ft (61 m) in diameter. The variable point equation in SI units is as follow

$$\text{Thickness required} = \left( 1.06 - \frac{0.0696D}{H} \sqrt{\frac{H \times G}{S}} \right) \left( \frac{4.9H \times D \times G}{S} \right) + CA$$

Where: H is the design fluid height in m. D is the nominal tank diameter in m. G is the specific gravity of the contents. S is the tank wall material allowable tensile stress for the operating or test condition. CA is the corrosion allowance, if any API 650 storage tanks are often designed to work at temperatures of up to 500°F (260°C). For these higher temperature designs, the allowable stress of the material decreases. As a result, the required wall thickness increases in a linear fashion when using the 1-foot method and in a slightly non-linear fashion when using the variable point method. In addition to causing hoop stress and longitudinal stress in the tank wall, the slight internal pressure causes a tensile force (pressure × area) to be produced. This force pulls upward on the tank wall. This positive



upward force is countered by the weight of the tank and roof (if not column-supported). If the net force is upward in any case or condition, the tank must be held down by anchor bolts. The basic internal pressure case is just one example. There are several other uplift formulas in Tables 5.21a (metric) and 5.21b (imperial), which must also be considered. The net uplift due to design pressure formula from Table 5.21b Addendum 2 in API 650 (API, 2013).

**Stiffeners:** By definition, ring stiffeners are local stiffening members that pass around the circumference of the shell of revolution at a given point on the meridian. Normally they are attached to the interior of the shell of the tank and are formed as single plated sections WT, C or L profiles. The rings are assumed to have limited stiffness for deformations out of their own plane (meridional displacements of the shell) but they should be stiff for deformations in the plane of the ring.(Baniotopoulos et al 2008). According the API 650 (API, 2013); the maximum spacing of intermediate stiffeners

$$H_{\text{safe}} = \frac{(ts_{\min})^{2.5}(E)}{45,609D^{1.5}(P_s)}$$

the number of intermediate stiffeners required,  $N_s$ , based on,  $H_{\text{safe}}$ .

$$N_s + 1 = H_{TS} / H_{\text{safe}}$$

and the spacing of intermediate stiffeners on the transformed shell height in accordance with the following equation:

$$\text{Spacing} = H_{TS} / (N_s + 1)$$

Where  $ts_{\min}$  is minimum thickness of thinnest shell course, mm, E is modulus of elasticity of the plate material MPa, D is nominal tank diameter, m,  $P_s$  is total design external pressure for design of shell, kPa (lb/ft<sup>2</sup>). $P_s$  = the greater of 1) the specified design external pressure,  $P_e$ , excluding wind or 2)  $w + 0.4P_e$

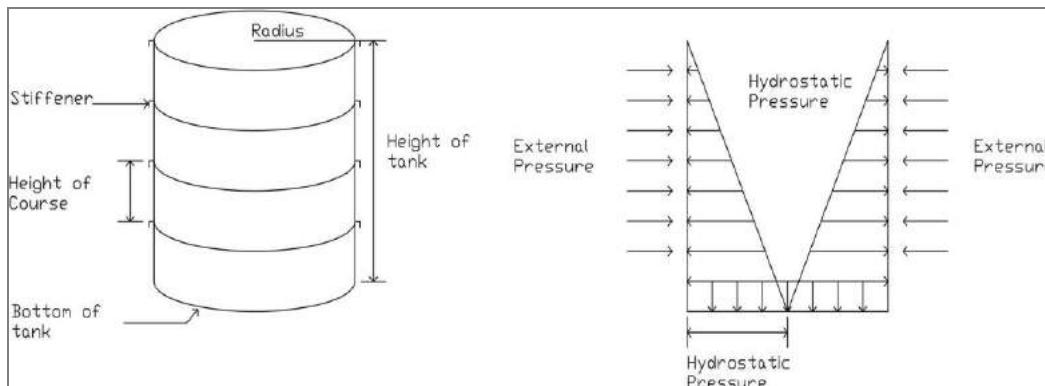
Analysis and design of liquid storage tank using ANSYS.

The development of this research was carried out by the construction of numerical modeling of the tank with help of the computer program ANSYS 17.2. The three-dimensional FE model of self-supporting dome tank was modeled as surfaces using the pre-processor section in ANSYS. The selection of a suitable element for a given application is not a trivial matter and will directly influence the computational time and accuracy of the results. FE models developed for this study consider the tank wall and base system to be represented and modeled by solid shell element.

## DESIGN EXAMPLE --- SELF-SUPPORTING DOME TANK

Geometry, loading and material properties

The specific tank considered in this section is shown in Figure 1 with inner diameter  $D = 20$  m and high of the tank (liquid level)  $H = 12$  m. The design input data is listed in Table 1. The tank is designed for five different courses (2, 3, 4, 5 and 6 courses) and the results are compared for best solution. The courses have equal high. The tank is subjected to hydrostatic loading of a liquid of weight per unit volume and external pressure on the shell wall. The tank is only supported from bottom plate which is fixed support.



**Figure 1** Geometry and loading of tank

**Table 1 Design input data**

Shell Data	
Roof type	Self-supporting dome
Density of contents	988.2 kg/m <sup>3</sup>
External pressure	3 kPa
Hydrostatic load	$\rho gh = 0.11633$
Max. Design Temperature	60 C°
High liquid level	12 m
Basic Wind Speed	190 km/h
Live load	1.5 kN/m <sup>2</sup>

Material Data	
Material	A36 M Grade
Material Group	Group 1
Min. Yield Strength	250 MPa
Min. Tensile Strength	400 MPa
Modulus of Elasticity	200000 MPa
Density	7850 kg m <sup>3</sup>
Passion's	0.3

### Design of tank based on API 650 standard.

The 1-foot method is used to compute the thickness of each courses. Each courses are equal height. Lap welded bottom plates is used and thickness is computed according to API 650 Section 5.4. There is a wind girder at the top in order to restraint displacements in the upper part of the tank. This is one of the typical stiffening ring sections for tank shells illustrated in API 650 (see details in Figure 5.24 of API 650 (API, 2013)). The number, locations and dimensions of intermediate stiffeners and dimensions of the top wind girder are computed according to API 650 Section 5.9 (API, 2013). The details of the designed tank (according to API 650) are given in Table 2. The thickness of the bottom plate for all courses cases is 9 mm

### FE analysis of the liquid storage tank

The FE package ANSYS is employed to carry out the analyses. The 8-node, connectivity, first-order interpolation, stress/displacement continuum solid shell 190 element with reduced integration is chosen to discretize the cylindrical wall. This element has three degrees of freedom at each node: translations in the nodal x, y, and z directions. Thus, connecting SOLSH190 with other continuum elements requires no extra efforts. A degenerate prism option is available, but should only be used as filler elements in mesh generation. The element has plasticity, hyper elasticity, stress stiffening, creep, large deflection, and large strain capabilities. It also has mixed u-P formulation capability for



simulating deformations of nearly incompressible elastoplastic materials, and fully incompressible hyper elastic materials. The element formulation is based on logarithmic strain and true stress measures. And CONTA174 is used to represent contact and sliding between 3-D "target" surfaces (TARGE170) and a deformable surface, defined by this element. The element has the same geometric characteristics as the solid or shell element face with which it is connected. The element is defined by eight nodes (the underlying solid or shell element has midside nodes). It can degenerate to a six-node element depending on the shape of the underlying solid or shell elements (Canonsburg, 2013).

Table 2. The summary of tank design according to API 650

Number of Course	Thickness of courses (mm)	Number of intermediate Stiffener	Inertia of stiffener (constant stiffener) ( $\text{cm}^4$ )	Inertia of stiffeners ( $\text{cm}^4$ )	Location of stiffener from the top (mm)
2	11	1	$I_{1,\text{top}}=224$	$I_{\text{top}}=220.14$	12000
	11			$I_1=468.84$	6390
3	10	1	$I_{1,\text{top}}=176$	$I_{\text{top}}=173.36$	12000
	10			$I_1=468.84$	5030
	11				
4	9	2	$I_{1,2,\text{top}}=176$	$I_{\text{top}}=173.36$	12000
	9			$I_1=223.56$	3870
	9			$I_2=223.56$	
	11				
5	8	3	$I_{1,2,3,\text{top}}=142$	$I_{\text{top}}=140.09$	12000
	8			$I_1=134.58$	2880
	8			$I_2=134.58$	5760
	9			$I_3=180.66$	9130
	11				
6	7	4	$I_{1,2,3,4,\text{top}}=97.20$	$I_{\text{top}}=140.09$	12000
	7			$I_1=96.38$	2060
	7			$I_2=96.38$	4210
	8			$I_3=134.58$	6250
	9			$I_4=298.35$	10120
	11				

For stiffener, three type of profiles (see Figure 2) which have section details satisfying the inertia requirement stated in Table 2 are investigated. The tank is analyzed for following cases:

Case 1: without stiffener

Case 2: constant stiffener (unequal L angle with right orientation)

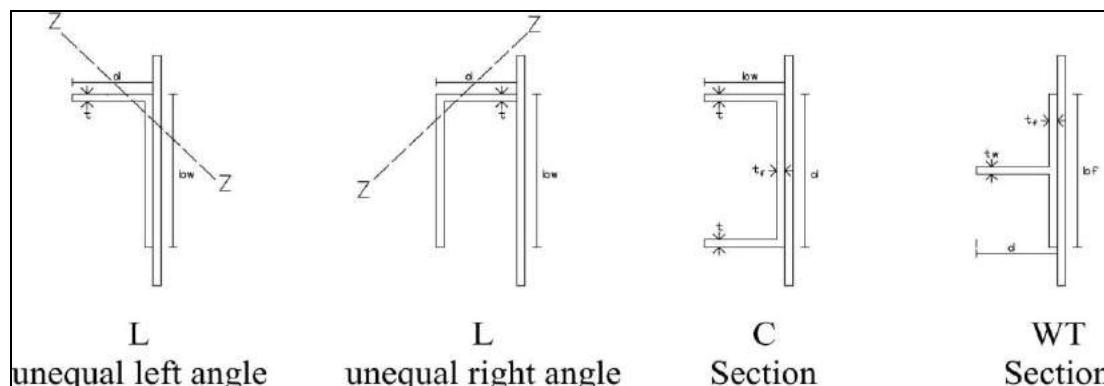
Case 3: variable stiffener (unequal L angle with right orientation)

Case 4: variable stiffener (unequal L angle with left orientation)

Case 5: variable stiffener (C section)

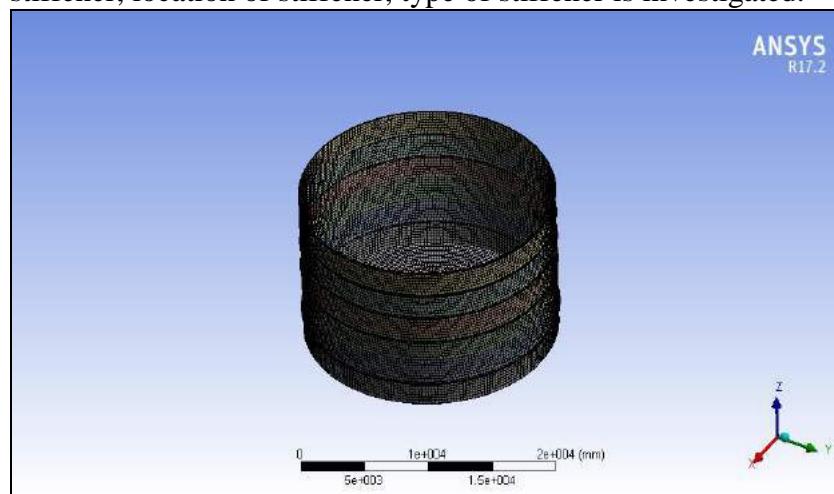
Case 6: variable stiffener (WT-section)

Case 1 which is tank without stiffener is considered in order to investigate the effect of stiffener. Case 1 does not satisfy the API 650 standards. In the case of constant stiffener, the minimum inertia value which is computed according to API 650 is used in all stiffener. In case of variable stiffener, the inertia of each stiffener is computed individually according to API 650. In this case, C, Unequal L angle with two different orientations and WT profile sections are investigated. In order to get meaningful comparison, the inertial values of different types of profiles are selected from catalogue in a way that they approximately equal to each other.



**Figure 2** Type of stiffener profiles

The linear static, free vibration and buckling analyses are carried out using ANSYS commercial software for the designed tank according to API 650 standard. The tanks are modelled and analyzed using fine meshes. The FE model of the tank is shown in Figure 3. The stress distribution and deformations in the tanks and weight, fundamental frequency and critical buckling loads of tanks are observed. The effect of the number of course, stiffener, location of stiffener, type of stiffener is investigated.



**Figure 3** FE model of tank**RESULT AND DISCUSSION**

The results of finite element analyses for static, free vibration and buckling is summarized in Table 3. The maximum equivalent stresses are very close to each other for all cases considered. The maximum equivalent stress is occurred at Case 5 with 6 courses and equal to 112.75 MPa which is less than minimum yield stress 250 MPa. The stress distribution for this tank is shown in Figure.4.

**Table 3 The result of finite element analysis.**

	Courses	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6
Max. von Mises Stress (MPa)	2	110.36	110.37	110.01	110.88	111.16	111.25
	3	110.36	110.38	110.38	110.31	111.19	110.3
	4	110.20	110.22	110.23	110.24	110.21	110.22
	5	111.73	111.74	111.75	111.74	111.74	111.71
	6	110.77	110.08	110.76	110.96	112.75	111.42
	2	5.20	5.20	5.25	5.27	5.30	5.28
Max. Deformation (mm)	3	5.22	5.22	5.22	5.22	5.28	5.22
	4	5.28	5.29	5.29	5.29	5.29	5.28
	5	5.32	5.32	5.32	5.32	5.31	5.32
	6	5.41	5.27	5.45	5.31	5.32	5.41
	2	6.4982	8.0534	8.1817	13.511	14.983	15.082
	3	6.7285	8.0357	8.3399	11.833	10.997	15.295
Fundamental Frequency (Hz)	4	6.9648	8.8812	8.8492	13.086	12.976	11.694
	5	7.2738	9.1952	9.1938	15.739	12.186	19.757
	6	7.6199	9.6296	9.5513	17.213	21.189	20.899
	2	-1.1489	-1.2169	-1.2177	-1.2285	-1.2325	-1.2267
	3	-1.1244	-1.1738	-1.1748	-1.1793	-1.1813	-1.1813
	4	-1.0964	-1.2470	-1.2455	-1.2624	-1.2727	-1.2712
Buckling Multiplier	5	-1.0772	-1.2434	-1.2443	-1.2823	-1.3107	-1.2832
	6	-1.0595	-1.1932	-1.1888	-1.2109	-1.2394	-1.2089
	2	87386.00	88722.28	89024.05	89024.05	91959.11	88966.52
	3	83440.00	85154.74	85212.55	85212.55	87293.65	84643.26
	4	78499.00	81876.13	81593.72	81593.72	83589.10	83491.31

	5	74352.40	77037.52	77254.83	77254.83	84170.40	76992.84
	6	70600.70	73697.67	74101.41	74101.41	82191.12	73702.55

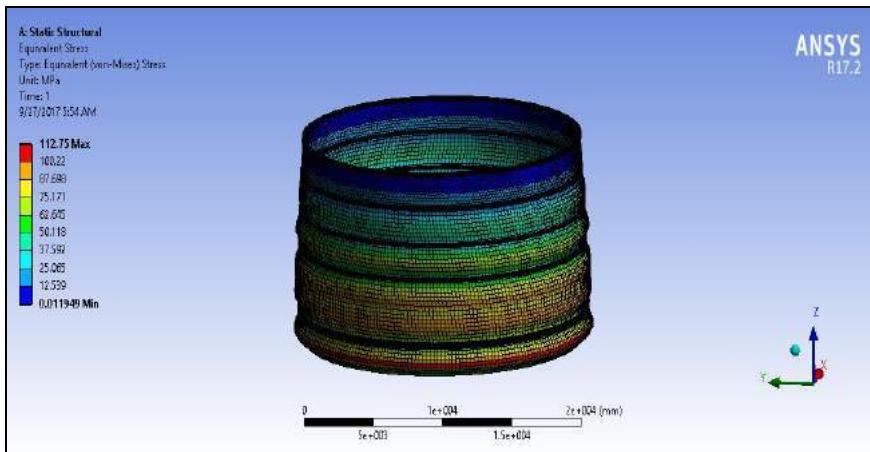


Figure 4 The maximum equivalent stresses

The maximum deformations are again very close to each other for all cases considered. The maximum deformation is occurred at Case 3 with 6 courses and equal to 5.45 mm. The deformation for this tank is shown in Figure 5.

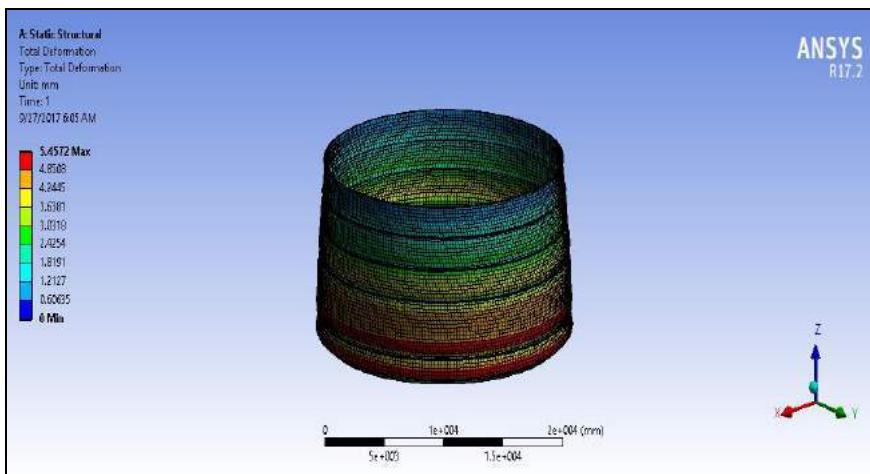
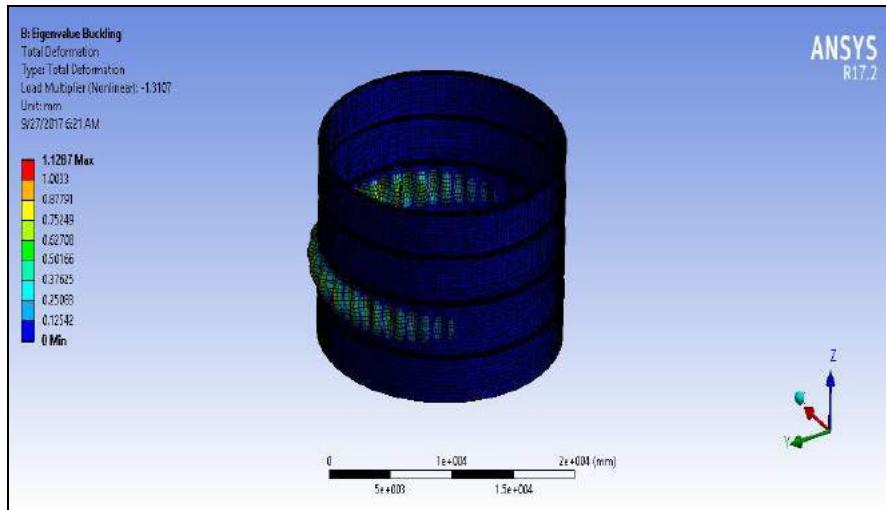


Figure 5 The maximum deformations

The one of the main reason of failure of tank is buckling. The buckling analyses of the tank are carried out and the buckling multiplier are computed and presented in Table 3. The worst case is the tank without stiffener. The best solution against buckling is obtained in Case 5 where C section stiffener is used. The maximum buckling multiplier is occurred at Case 5 with 5 courses and equal to -1.3107. The corresponding buckling mode shape is shown in Figure 6.



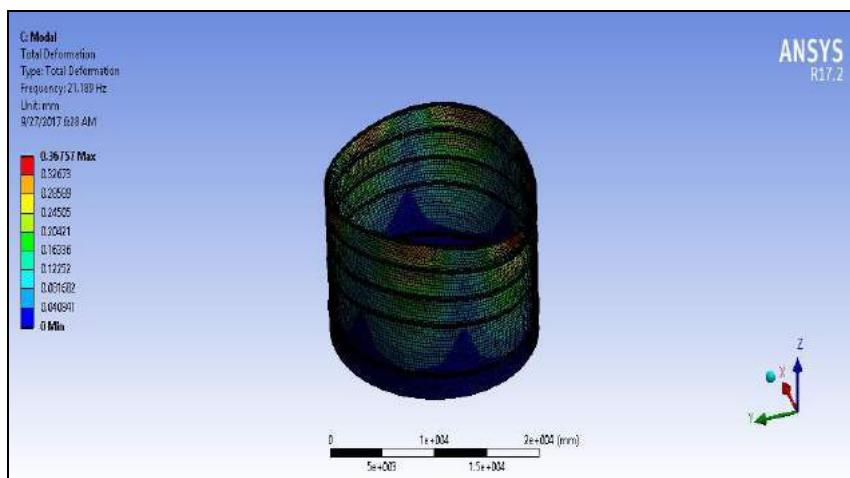
**Figure 6** The maximum buckling multiplier

The seismic behavior of the tanks is investigated by studying fundamental frequency. The maximum fundamental frequency is occurred at Case 5 with 6 courses where C section stiffener is used and equal to 21.189mm. The corresponding mode shape is shown in Figure 8. The lowest fundamental frequencies are obtained in Case 1 as expected.

The weight of the tanks decrease with increasing number of courses. The lightest tank is obtained in case of without stiffener. The heaviest tanks are found in case of C section stiffeners.

## CONCLUSIONS

In this paper the preliminary design of elements of a circular liquid tank by the API was performed. With obtained dimensions of elements, tank was modeled in the software package ANSYS, and values of maximum stresses and deformation were computed and compared. The stiffeners improve the static, buckling and dynamic behavior of the tank WT and C section stiffener show better performance. When the number of the courses increase the weight of the tank is reduced meanwhile the structural behavior of the tank does not change so much.



**Figure 7** The maximum fundamental frequency



## REFERENCES

- American Petroleum Institute. (2002). API 620: Design and Construction of Large, Welded, Low Pressure Storage Tanks, 552(3), 1–194.
- American Petroleum Institute. API. (2013). Welded Tanks for oil Storage API 650, (March), 498.
- Baniotopoulos, C., Lavasas, I., Nikolaides, G., & Zervas, P. (2008). RFS-CT-2006-00031 - HISTWIN High-Strength Steel Tower for Wind Turbine.
- British Standards Institution (BSI). (2004). BS EN 14015:2004: Specification for the design and manufacture of site built , vertical , cylindrical , flat-bottomed , above tanks for the storage of liquids at ambient temperature and above. *Standards*, 3(1).
- Burgos, C. A., Batista-Abreu, J. C., Calabr, H. D., Jaca, R. C., & Godoy, L. A. (2015). Buckling estimates for oil storage tanks: Effect of simplified modeling of the roof and wind girder. *Thin-Walled Structures*, 91, 29–37. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2015.02.006>
- Canonsburg, T. D. (2013a). ANSYS Mechanical APDL Element Reference, 15317(November), 724–746.
- Canonsburg, T. D. (2013b). ANSYS Mechanical Users Guide, 15317(November), 724–746.
- Cao, Q. shuai, & Zhao, Y. (2010). Buckling strength of cylindrical steel tanks under harmonic settlement. *Thin-Walled Structures*, 48(6), 391–400. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2010.01.011>
- Chauhan, Mukeshm.(2012). Design and stability of large storage tanks and tall bins, (803), 1–48.
- Elkholy, S. A., Elsayed, A. A., & Sadek, S. A. (2014). Optimal finite element modelling for modal analysis of liquid storage circular tanks Bilal El-Ariss, 5(3), 207–241.
- Y.G. Fakhim, H. Showkatı , K. Abedı (2009) Experimental study on the buckling and post-buckling behavior of thin-walled cylindrical shells with varying thickness under hydrostatic pressure . (January).
- Mayeux, S., & Miller, J. (2016). Designing storage tanks.
- George w. housner. (1963). The dynamic behavior of water tanks, *bulletin of the Seismological Society of America* , 53(2), 381–387.
- Spritzer, J. M., & Guzey, S. (2017). Review of API 650 Annex E: Design of large steel welded aboveground storage tanks excited by seismic loads. *Thin-Walled Structures*, 112(September 2016), 41–65. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2016.11.013>



## EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF HEAT TRANSFER AND DEVELOPMENT OF TUBE SIDE HEAT TRANSFER CORRELATION IN A MINI-CHANNEL SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER

Murat UNVERDI, Hasan KUCUK

Faculty of Engineering, Mechanical Engineering, Sakarya University

muratunverdi@sakarya.edu.tr, kucuk@sakarya.edu.tr

M. Senan YILMAZ, Nurettin AKCAKALE

Vocational School of Gerede, Abant İzzet Baysal University

yilmaz\_m1@ibu.edu.tr, akcakale\_n@ibu.edu.tr

**ABSTRACT:** This study experimentally investigated the convective heat transfer coefficient for the tube side in a mini-channel shell and tube heat exchanger designed using the Kern method. Copper tubes with an inner diameter of 2 mm, thickness of 0.5 mm and length of 240 mm were used in the mini channel heat exchanger. Four baffles with a 25% baffle cut were used in the mini channel heat exchanger with a shell side inner diameter of 30 mm. The experiments were carried out using water, and the inlet temperatures on the shell and tube sides were kept constant. The Reynolds number on the tube side was changed from 980 to 5100 while the Reynolds number on the shell side was kept constant at  $Re \cong 560$ . The heat transfer coefficients obtained for the tube side were compared with those of Dittus-Boelter, Sieder-Tate and Petukhov correlations used for turbulent flows. The experimental results are lower than those of Dittus-Boelter and Sieder-Tate and higher than those of Petukhov at Reynolds numbers ranging from 1900 to 5100. At Reynolds numbers ranging from 1900 to 5100, a Nusselt correlation (Reynolds, Prandtl) was derived for the convective heat transfer coefficient on the tube side. The difference between the experimental results and the Nusselt correlation is lower than  $\pm 9\%$ .

**Key words:** Mini-channel, Shell and tube heat exchanger, Experimental heat transfer coefficient, Nusselt correlation

## INTRODUCTION

Nowadays, shell and tube heat exchangers are the most widely used heat exchangers in power generation plants (geothermal, thermal power plant etc.) and in industrial applications such as condensers, evaporators, and heating and cooling of feed water. Shell-and-tube heat exchangers are preferred in applications where fluid pressures and the difference in pressure between two fluids are high. The ratio of heat transfer surface area to heat exchanger volume or weight in shell tube heat exchangers is partially large. The mass movement of the fluid occurs at the cross-sectional area of the flow channel, while the convective heat transfer with the fluid flow occurs over the tube surfaces in shell and tube heat exchangers. For example, flow rate increases linearly with the square of the channel diameter ( $D^2$ ) in circular cross-section channels, while the heat transfer surface area increases together with the diameter (D). Thus, the ratio of the heat transfer surface area to the tube inner volume changes by 1/D and therefore, as the diameter decreases, the ratio of



the surface area to the volume increases. This increase enhances the compactness of the shell-and-tube heat exchanger. Enhancement in compactness reduces the volume and mass of the heat exchanger and the amount of fluid to be used. Initial investment and operating costs also decrease.

Advancements in manufacturing technology provide size reduction in thermal and hydrodynamic systems as well as in mechanical systems without causing a huge increase in costs (Kandlikar et al., 2014, Kakac et. al., 2012). The flow channels are classified according to their hydraulic diameter. These classifications have been proposed by Kandlikar and Mehendale. According to the classification proposed by Mehendale et al. (2000), flow channels are microchannels within the range of 1 to 100  $\mu\text{m}$ , meso-channels within the range of 100  $\mu\text{m}$  to 1 mm, compact passages within the range of 1 to 6 mm, and conventional passages greater than 6 mm. Kandlikar and Grande (2003) classified  $D>3$  mm as conventional channels, 3 mm to 200  $\mu\text{m}$  as minichannels, 200  $\mu\text{m}$  to 10  $\mu\text{m}$  as microchannels, 10  $\mu\text{m}$  to 1  $\mu\text{m}$  as transitional microchannels, 1  $\mu\text{m}$  to 0.1  $\mu\text{m}$  as transitional nanochannels and  $0.1 \mu\text{m} \geq D$  as nanochannels.

Single-phase flows in mini- and micro-channels are used in various thermal equipment. Reducing flow channel dimensions in convective heat transfer applications is required for enhancement in heat transfer, increase in heat flux in mini and micro devices, and development of mini and micro scale devices requiring cooling. Although heat transfer performance is enhanced in small channel dimensions, pressure drop in the unit length also increases. Optimum channel dimensions for heat transfer and pressure drop differ in each application. For example, 6 to 8 mm micro-finned tubes rather than large diameter plain tubes are used in the cooling industry. Given balances such as pump power and heat transfer in vehicle radiators and evaporators, channel hydraulic diameters approach the 1 mm threshold.

The contribution of heat exchanger efficiency to total system efficiency is high. Mini-channel heat exchangers have become very popular lately, as not only do they reduce size but also provide desired functions without reducing heat transfer performance. (Kakac et. al., 1987, Kandlikar, 2014, Webb and Kim, 2005). Some studies on mini-channels in the literature are summarized below.

Farajollahi et al., 2010, experimentally investigated the heat transfer in the shell and tube heat exchanger under turbulent flow conditions ( $\text{Re} \approx 3000-8000$ ). They used a shell and tube heat exchanger consisting of 16 tubes with an outer diameter of 6.1 mm, a tube wall thickness of 1 mm and a length of 815 mm. The heat exchanger had a shell with an inner diameter of 55.6 mm, baffle cuts of 25%, and a baffle spacing of 50.8 mm. The heat transfer coefficient on the tube side for water was consistent with Gnielinski's correlation.

Reynaud et al. 2005, experimentally investigated heat transfer and pressure drop in a flat channel with a 60 mm width, 300  $\mu\text{m}$ , 540  $\mu\text{m}$ , 1,12 mm height and 150 mm length for single-phase fluid (water). They changed the Reynolds numbers from 100 to 80,000 to obtain a Nusselt number. They reported that the Nusselt number in the laminar region overlapped for the three mini-channel types, that the Nusselt number in the turbulent region was compatible with Colburn's correlation and that this compatibility deteriorated at Reynolds numbers greater than 40,000.

Godson et al. 2014, experimentally examined the heat transfer performance by cooling the hot fluid on the tube side with the fluid on the shell side. Their heat exchanger consisted of 25 tubes of copper, 700 mm in length, 4 mm in inner diameter and 1 mm in thickness, and a single pass shell and tube heat exchanger with a 150 mm shell inner diameter. They pointed out that the experimental heat transfer to the water for the tube side at Reynolds number ranging from 5000 to 25.000 was compatible with the Dittus-Boelter correlation ( $\pm 9.2\%$  difference).

Mapa and Mazhar 2005, experimentally examined the heat transfer from hot water passing through the tube to cold water on the shell side with a mini-channel heat exchanger manufactured using 37 stainless steel tubes with a diameter of 2.4 mm, a wall thickness of 0.25 mm and a length of 248 mm. The Reynolds numbers on the tube side ranged from 50 to 450. They stated that thermal power did not increase at Reynolds numbers greater than 200.

## METHODS

### Kern's method

The Kern method is the first and simplest method in the literature used to design shell and tube heat exchangers. This method was based on experimental work on commercial exchangers with standard tolerances and provides a reasonably satisfactory prediction of heat-transfer coefficient for standard designs. The prediction of pressure drop is less satisfactory, as it is affected more by leakage and bypassing than by heat transfer.

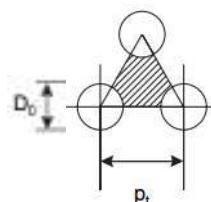


Figure 1. Equivalent diameter, cross-sectional areas and wetted perimeters for triangular pitch arrangement (Sinnott, 2005).

Using a hypothetical shell velocity and shell diameter, shell side heat transfer and friction factors are correlated in a similar manner to those for tube side flow. As the cross sectional area for flow will vary across the shell diameter, linear and mass velocities are based on the maximum area for cross flow, that is, at the shell equator (Genceli, 1999, Sinnott, 2005). The shell equivalent diameter is calculated using the flow area between the tubes taken in the axial direction (parallel to the tubes) and the wetted perimeter of the tubes (Figure 1.).



### Shell-side heat transfer coefficient

The shell side heat transfer coefficient for a single shell and single tube pass heat exchanger are calculated as (Sinnott, 2005):

$$A_s = \frac{(p_t - D_o) D_s l_B}{p_t} \quad (1)$$

Where  $p_t$  refers to tube pitch,  $D_o$  to tube outside diameter,  $D_s$  to shell inside diameter (m) and  $l_B$  to baffle spacing (m). The term  $(p_t - D_o)/p_t$  refers to ratio of the clearance between tubes and the total distance between tube centers.

The shell side mass velocity  $G_s$  and the linear velocity  $u_s$ :

$$G_s = \frac{\dot{m}_s}{A_s} \quad (2)$$

$$u_s = G_s / \rho \quad (3)$$

Where  $\dot{m}_s$  refers to fluid flow rate on the shell side (kg/s) and  $\rho$  to shell side fluid density ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).

Calculate the shell side equivalent diameter (hydraulic diameter), (Figure 1.) for an equilateral triangular pitch arrangement:

$$D_e = \frac{1.1}{D_o} (p_t^2 - 0.917 D_o^2) \quad (4)$$

Where  $D_e$  refers to equivalent diameter (m).

Distance between tube axes in triangular array of tube bundles  $P_t$  (m):

$$P_t = 1.25 D_o \quad (5)$$

The shell side Reynolds number (Re), given by:

$$Re = \frac{u_s D_e \rho}{\mu} \quad (6)$$

For the calculated Reynolds number, read the value of  $j_h$  from shell side heat transfer factors chart for the selected baffle cut and tube arrangement (Kern, 1950, Ludwig, 2001) and calculate the shell side heat transfer coefficient  $h_s$  from (neglect,  $\mu/\mu_w$ ):

$$Nu = \frac{h_s D_e}{k} = j_h Re^{1/3} Pr^{1/3} \quad (7)$$



## Tube side heat transfer coefficient

Heat removed by the hot fluid and absorbed by the cold fluid:

$$Q_h = \dot{m}_h c_{p,h} (T_{h,i} - T_{h,o}) \quad (8)$$

$$Q_c = \dot{m}_c c_{p,c} (T_{c,o} - T_{c,i}) \quad (9)$$

where the subscripts c and h refer to cold and hot fluids, respectively,  $\dot{m}_h$  and  $\dot{m}_c$  to mass flow rates,  $c_{p,h}$  and  $c_{p,c}$  to specific heats,  $T_{h,o}, T_{c,o}$  to outlet temperatures,  $T_{h,i}, T_{c,i}$  to inlet temperatures.

Thermodynamic characteristics of both fluids were calculated by using the average temperature values at the inlet and outlet of the mini-channel shell and tube heat exchanger. The average heat transfer values were used in the calculations due to the heat loss of both fluids. The rate of heat transfer in a heat exchanger:

$$Q_{ave.} = (Q_h + Q_c) / 2 \quad (10)$$

$$Q_{ave.} = UA\bar{\Delta}T_{lm} \quad (11)$$

where U ( $\text{W/m}^2\text{K}$ ) refers to overall heat transfer coefficient, A ( $\text{m}^2$ ) to heat transfer surface area, F to non-dimensional correction factor for logarithmic mean temperature difference and  $\Delta T_{lm}$  ( $^\circ\text{C}$ ) to a logarithmic mean temperature difference.

When TEMA (Tubular Exchanger Manufacturers Association) E-type single shell and single tube pass and more than three or four baffles are used, heat exchangers are regarded as counter flow, hence F=1. (Kreith, 2005).

The logarithmic mean temperature difference between hot and cold fluids under counter flow conditions  $\Delta T_{lm}$ :

$$\Delta T_{lm} = \frac{(T_{h,i} - T_{c,o})(T_{h,o} - T_{c,i})}{\ln\left(\frac{T_{h,i} - T_{c,o}}{T_{h,o} - T_{c,i}}\right)} \quad (12)$$

The overall heat transfer coefficient is based on the inner tube diameter:

$$\frac{1}{U_i} = \frac{1}{h_s} + \frac{D_i}{2k_b} \ln \frac{D_o}{D_i} + \frac{D_i}{D_o h_i} \quad (13)$$

The heat transfer coefficient  $h_i$  ( $\text{W/m}^2\text{K}$ ) for the tube side is obtained using Equation (13).

## Single phase tube side heat transfer correlations and dimensionless numbers

There are experimental correlations used in estimating the Nusselt number for single phase turbulent pipe flows in the literature. The most commonly used ones are given below.



Dittus-Boelter correlation (Dittus & Boelter, 1930):

$$\text{Nu} = 0.023 \text{ Re}^{0.8} \text{ Pr}^{0.4} \quad (14)$$

$0.6 \leq \text{Pr} \leq 160, \text{ Re} \geq 10000, \text{ L/D} \geq 10$

Sieder-Tate (Sieder & Tate, 1936):

$$\text{Nu} = 0.027 \text{ Re}^{0.8} \text{ Pr}^{1/3} \quad (15)$$

$0.7 < \text{Pr} < 16700, \text{ Re} \geq 10000, \text{ L/D} \geq 10$

Kern tube side heat transfer correlation (Sinnott, 2005):

$$\text{Nu} = j_h \text{ Re} \text{ Pr}^{1/3} \quad (16)$$

$10 \leq \text{Re} \leq 1 \times 10^6, \quad 24 \leq \text{L/D} \leq 500$

Where  $j_h$  heat transfer coefficient factor (Kern, 1950).

Petukhov correlation (Petukhov, 1970):

$$\text{Nu} = \frac{(f/8)(\text{Re}-1000)\text{Pr}}{1.07+12.7(f/8)^{1/2}(\text{Pr}^{2/3}-1)} \quad (17)$$

$0.5 \leq \text{Pr} \leq 2, \quad 1 \times 10^5 \leq \text{Re} \leq 5 \times 10^6$

The Nusselt number, Prandtl number and Reynolds number are used in the Nusselt correlations. These dimensionless equations:

$$\text{Re} = \frac{4\dot{m}}{\pi D_h \mu} \quad (18)$$

$$\text{Pr} = \frac{\mu c_p}{k} \quad (19)$$

$$\text{Nu} = \frac{h D_h}{k} \quad (20)$$

are defined as. Where refer to  $\dot{m}$  (kg/s) mass flow rate,  $\mu$  (kg/ms) to dynamics viscosity,  $c_p$  (kj/kgK) to specific heat,  $k$  (W/mK) to thermal conductivity and  $D_h$  (m) to hydraulic diameter.



## Experimental study

A mini-channel shell and tube heat exchanger experimental setup and its schematic drawing for the investigation of heat transfer and pressure drop characteristics under different flow conditions are given in Figure 1.

The single shell and single pass mini-channel heat exchanger with an average heat power of 1-1.5 kW was designed according to the Kern method. The shell of the heat exchanger had an inner diameter of 30 mm and baffles (baffle cut 25%) and inlet-outlet connections made of castermid.

The 13 copper tubes used in the heat exchanger had a length of 240 mm, thickness of 0.5 mm and an inner diameter of 2 mm. Triangular-pitch is the layout of choice as it provides a higher heat transfer coefficient in the shell. The mini-channel heat exchanger was tested for leakage on both shell and tube sides through pressurized air.

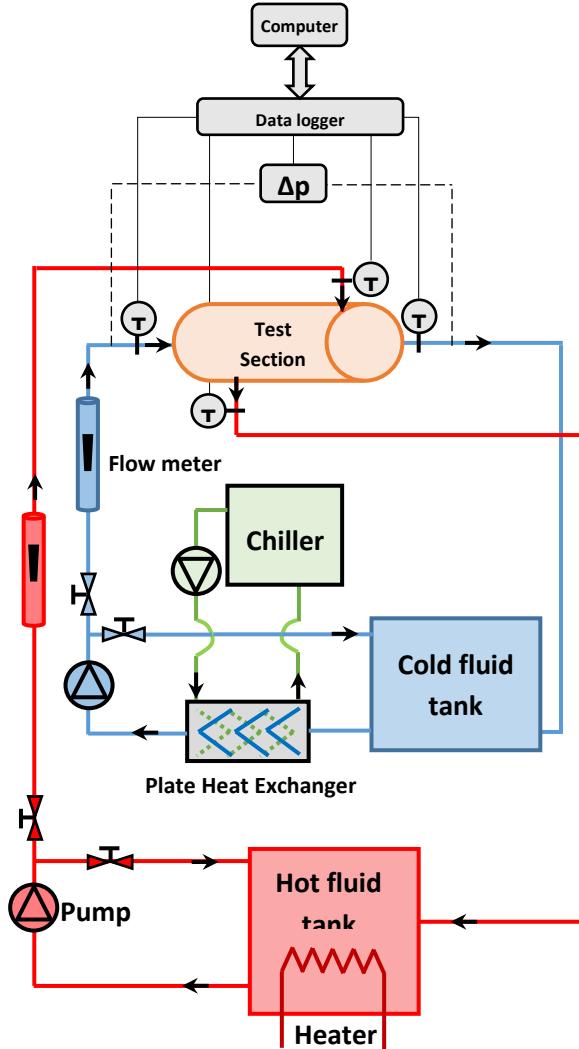
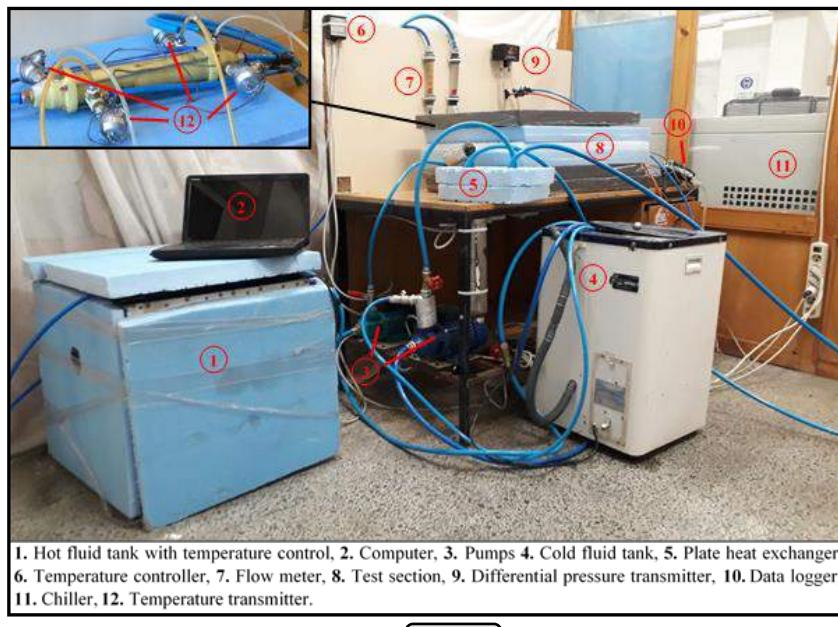


Figure 2. Photo and schematic representation of experimental setup.



As shown in Figure 2., the experimental setup had two cycles of heat removal (hot fluid) and heat absorbing (cold fluid) fluids. The hot fluid (hot water) was supplied from an insulated constant temperature tank of 120 L. In this way, the desired inlet temperature for the shell side was kept constant. The cold fluid (cold water) was provided from a tank of 30 L capacity. A plate heat exchanger was used to keep the inlet temperature of the cold fluid in the shell and tube heat exchanger constant. The desired inlet temperature of the cold fluid was set using a chiller at 4 kW power. Float-type rotameters were used to measure the flow rate of hot and cold fluids. In addition, a weighted container measurement method was used to control the accuracy of the measurement of the rotameters. A differential pressure gauge was placed between the inlet and outlet connections to measure the tube side pressure drop. The measurement accuracy of the differential pressure gauge was checked using a BEAMEX MC3 reference instrument. K-type thermocouples were used to measure the temperatures of both fluids at the inlet and outlet of the heat exchanger. The measurement accuracy of the thermocouples was checked in an ice-water mixture bath. Hot and cold water was circulated using centrifugal pumps. The test section and connection tubes were insulated to minimize heat losses. Experiments were carried out under steady state conditions at room temperature. Temperature and differential pressure values measured during the experiments were recorded using a computer. During the experiments, the shell side flow rate was kept constant at 180 L/h and the inlet temperature at 40°C. The tube side flow rate was changed from 60 to 325 L/h while the input temperature of the cold fluid was 20°C.

### Uncertainty Analysis

In the mini-channel heat exchanger, the measurement of temperature and pressure drop and flow rate throughout the experiments was carried out using proper equipment. During the measurement of these values, uncertainties occurred due to friction and electronic oscillations. These uncertainties were calculated using Equation (21) expressed by Kline and McClintock, 1953.

$$w_R = \left[ \left( \frac{\partial R}{\partial x_1} w_1 \right)^2 + \left( \frac{\partial R}{\partial x_2} w_2 \right)^2 + \dots + \left( \frac{\partial R}{\partial x_n} w_n \right)^2 \right]^{1/2} \quad (21)$$

For an R function given here,  $x_1, x_2 \dots x_n$  are independent variables,  $w_1, w_2 \dots w_n$  are the error ratio of the independent variable, and  $w$  is the total uncertainty. Relative errors of the measuring equipment used in the experimental setup are 4% for the flow meter and 1% for the thermocouple.

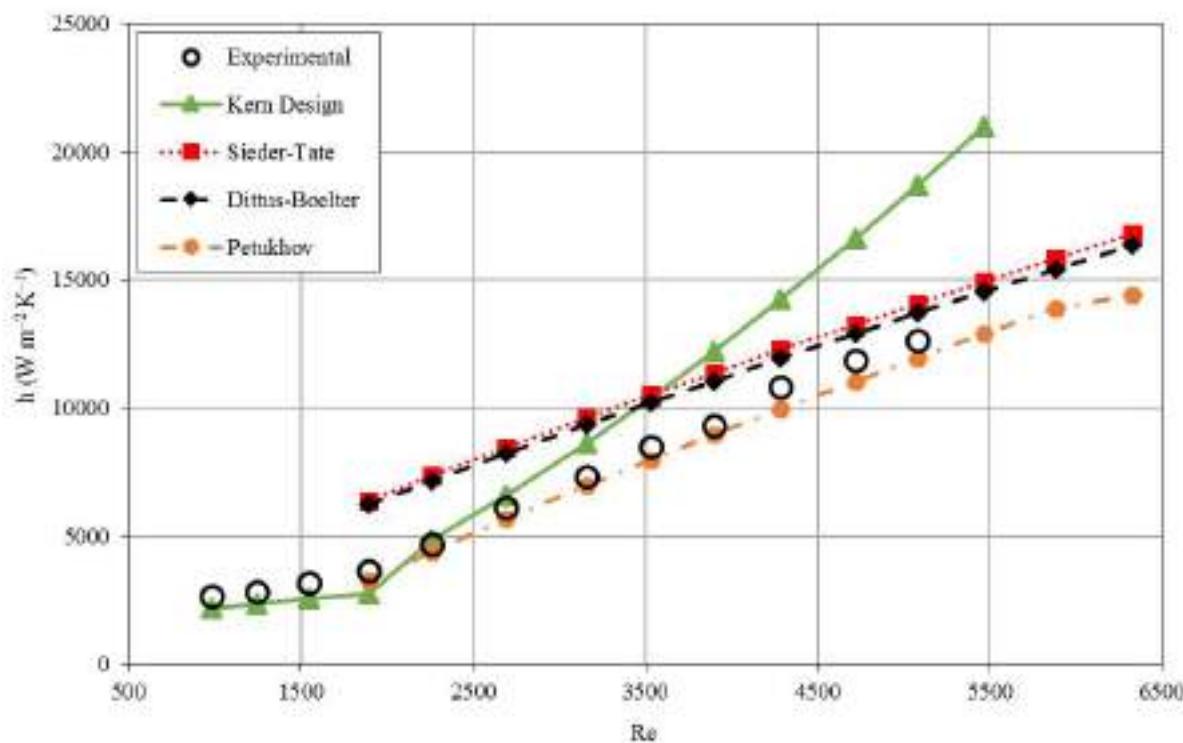
**Table 1. Uncertainty results.**

	Max. uncertainty (%)	Min. uncertainty (%)
Reynolds number	2.19	0.82
Tube-side thermal power	5.13	2.84
Shell-side thermal power	14.63	9.93
Overall heat transfer coefficient	9.07	5.33
Logarithmic mean temperature difference	1.97	1.86

The uncertainties that occurred during the experiments were calculated. The highest and lowest uncertainty values are given in Table 1. All data obtained from the repeated experiments were found to be within the limits of uncertainty.

## RESULTS AND FINDINGS

Before calculating the tube side heat transfer coefficient in the experimental setup in Figure 2, heat transfer test experiments from hot water to cold water were conducted to evaluate the accuracy and reliability of the measurements. Although the test region was well insulated, there was a difference in thermal power between the hot fluid and the cold fluid due to the heat losses to the surroundings. These differences were calculated as about 14% in the transition region at Reynolds numbers ranging from 1900 to 5100. After all measurements were completed, the overall heat transfer coefficient by Equation (11) and the heat transfer coefficient on the shell side for the hot fluid of Equation (7) were estimated using the Kern correlation. The heat transfer coefficient for the cold fluid on the tube side was obtained using Equation (13). In this study, overall heat transfer coefficients and convection heat transfer coefficients were obtained for the mini-channel shell and tube heat exchanger where the tube side Reynolds number varied between 980 and 5100, while the shell side was kept constant at  $Re \approx 560$ . Experimental convective heat transfer coefficients for tube side are given in Figure 3. In the laminar region (Reynolds numbers ranging from 980 to 1900), the convection heat transfer coefficient is consistent with the Kern correlation.



**Figure 3. Experimental tube side convection heat transfer coefficient comparison with correlations.**

Correlation	Comments and Limitations
$Nu = 0.00093 Re^{1.183} Pr^{1/3}$	Water L/d = 120 $1900 \leq Re \leq 5100$ $Pr = 6.75$

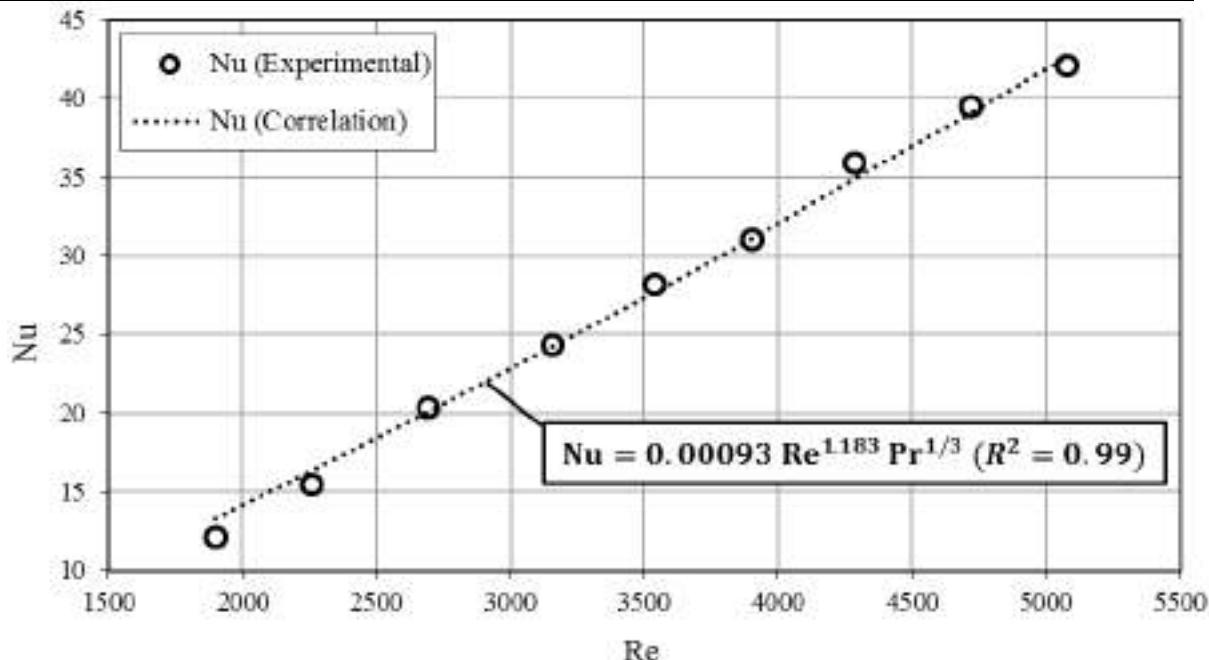


Figure 4. Change of experimental tube side Nusselt number with Reynolds number.

At Reynolds numbers ranging from 1900 to 5100, the experimental heat transfer coefficient increases linearly and the values of the convection heat transfer coefficient are not compatible with the design correlation proposed by Kern for macro tubes. The experimental results show that the convection heat transfer coefficient is smaller than the Dittus-Boelter and Sieder-Tate correlations and larger than Petukhov's correlation at Reynolds numbers ranging from 1900 to 5100.

A Nusselt (Reynolds and Prandtl) correlation was obtained using experimental results for heat transfer on the tube side as Table 2.

Table 2. Tube side Nusselt correlation in mini-channel shell and tube heat exchanger.

The experimental results and the curve of the derived equation are given in Figure 4. The difference between the experimental results and the derived Nu correlation is lower than  $\pm 9\%$ .

## CONCLUSION

In this study, a mini-channel shell and tube heat exchanger was designed using the equations proposed by Kern for macro tubes. A single shell and single tube pass and counter flow mini-channel heat exchanger was manufactured in the workshop according to design conditions. Experimental studies were carried out on the tube side at Reynolds numbers ranging from 980 to 5100, while the Reynolds number at the shell side was kept



constant at 560. The experimental results were compared with the Dittus-Boelter, Sieder-Tate and Petukhov correlations, which are commonly used for turbulent flow in the literature. The following results were obtained in this study.

In the region where the Reynolds number varied between 1900 and 5100, the experimental heat transfer coefficient at the tube side was not consistent with the correlation proposed by Kern.

The convective heat transfer coefficient obtained from the experimental results is smaller than the Dittus-Boelter and Sieder-Tate correlations and larger than the Petukhov correlation at Reynolds numbers ranging from 1900 to 5100

A Nusselt correlation was derived according to Reynolds and Prandtl numbers using experimental results at Reynolds numbers ranging from 1900 to 5100. The difference between the Nusselt correlation and experimental results was lower than  $\pm 9\%$ .

The use of mini-channels in the shell and tube heat exchanger did not significantly increase the heat transfer coefficient of the tube side compared to the macro tubes. However, compactness increased with a decrease in the volume and weight of the heat exchanger.

## ACKNOWLEDGMENT

Experimental data presented in this study were obtained by using the experimental setup supported by Abant İzzet Baysal University Scientific Research Unit. Project Number: 2011.19.19.415.

## REFERENCES

- Dittus, F.W., & Boelter L.M.K. (1930). Heat transfer in automobile radiators of the tubular type, *University California Publication in Engineering*, 11, 443–461.
- Farajollahi, B., Etemad, S.Gh., & Hojjat, M. (2010). Heat transfer of nanofluids in a shell and tube heat exchanger. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 53, 12-17.
- Genceli, O. F. (1999). *İşı Değiştircileri*, İstanbul, Birsen Yayınevi.
- Godson, L., Deepak, K., Enoch, C., Jefferson, B., & Raja, B. (2014). Heat transfer characteristics silver/water nanofluids in a Shell and tube heat exchanger. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 14, 489-496.
- Kakac, S., Liu, H., & Pramuanjaroenkij, A. (2012). *Heat Exchangers* (Third Ed.). New York, CRC Press.
- Kandlikar, S.G., & Grande, W.J. (2003). Evolution of microchannel flow passages—thermohydraulic performance and fabrication technology. *Heat Transfer Eng.* 24 (1), 3-17.
- Kandlikar, S.G., Garimella, S., Li, D., Colin, S., King, M.R. (2014). *Heat Transfer and Fluid Flow in Minichannels and Microchannels* (First Edt.). USA, Elsevier.
- Kern, D. Q. (1950). *Process Heat Transfer (International Student Ed.)*, Japan, McGraw-Hill.
- Kline, S. J., & McClintock, F.A. (1953). Describing Uncertainties in Single-Sample Experiments, *Mech. Eng.*, p. 3 January.



- Kreith, F. (2005). Heat and Mass Transfer. Kreith, F., Boehm, R.F., Raithby, G.D.,...Capobianchi, M., *Handbook of Mechanical Engineering Second Edt.(4-1, 4-287)*, United State of America, CRC Press.
- Ludwig, E. E. (2001). *Applied Process Design for Chemical and Petroleum Plants Vol. 3 (3. Ed.)*. USA, Gulf Professional Publishing.
- Mapa, L.B., & Mazhar, S. (2005). Heat Transfer in mini heat exchanger using nanofluids, *American Society for Engineering Education. 2005 IL/IN Sectional Conference*, April 1-2.
- Mehendale, S.S., Jacobi, A.M., & Shah, R.K. (2000). Fluid flow and heat transfer at micro- and meso-scales with applications to heat exchanger design. *Appl. Mech. Rev.* 53, 175-193.
- Petukhov, B.S. (1970). Heat transfer and friction in turbulent pipe flow with variable physical properties, *Hartnett J.P., Irvine T.F. editors, Advances in Heat Transfer Vol.6*, p.504-564, New York, Academic Press.
- Reynaud, S., Debray, F., Franc, J-P., & Maitre, T. (2005). Hydrodynamics and heat transfer in two-dimensional minichannels. *Int. Journal of Heat and Mass Transfer*, 48, 3197-3211.
- Seider, E.N., & Tate G.E. (.1936). Heat transfer and pressure drop of liquids in tubes, *Industrial Engineering Chemical*, 28, 1429–1453.
- Sinnott, R.K. (2005). *Chemical Engineering Design (Fourth Ed.)*, Oxford, Elsevier.
- Webb, R.L., & Kim, N.H. (2005). *Principles of Enhanced Heat Transfer* (Second Edt.). New York, Taylor& Francis Group.



## THE THEORETICAL STUDY OF A NEW COMPOSITE MATERIAL VIBRATION FOR WIND TURBINE BLADE

Rabie El Alaoui

Turbomachine Team, Mohammadia Engineering School, University Mohammed the 5th of Rabat.

[Elalaoui.rabie@gmail.com](mailto:Elalaoui.rabie@gmail.com)

Hamid Mounir

Turbomachine Team, Mohammadia Engineering School, University Mohammed the 5th of Rabat.

Boudi El Mostapha

Turbomachine Team, Mohammadia Engineering School, University Mohammed the 5th of Rabat.

Abdellatif El Marjani

Turbomachine Team, Mohammadia Engineering School, University Mohammed the 5th of Rabat.

**ABSTRACT:** The blades are the important elements of a wind turbine. The length of the blade determines the amount of energy that can be extracted depending on the wind speed. To recover the maximum energy from the wind, the blades must be positioned higher under very variable wind speed conditions which generates vibrations which can cause problems for the structure of the blade. The purpose of manufacturing blades with variable lengths is to capture the different wind speeds. The modal analysis provides information on the dynamic properties of wind turbine components, and thus leads to an understanding of their dynamic behavior.

A precise understanding of the dynamics of a blade is an essential for its design, especially in the development of new structures and the resolution of noise and vibration problems. This understanding involves the study of experimental and/or theoretical modal analysis. These latter present effective tools for describing, understanding and modeling the dynamic aspect of each structure. In the present work, we are going to establish the eigenfrequencies of a wind turbine blade made by a new composite material "hemp fiber" using theoretical calculation for flap-wise, edge-wise and torsional mode using the equation of beam's motion. Furthermore; we compare the obtained results with those of composite material made by fiberglass.

**Key words:** Blade, Edge-wise, Flap-wise, Hemp fiber, Torsional.



## TRAINING OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS WITH AMOEBA OPTIMIZATION ALGORITHM: NUMBER RECOGNITION IMPLEMENTATION

Mehmet HACIBEYOGLU

Computer Engineering Department, Necmettin Erbakan University, Konya, Turkey

hacibeyoglu@konya.edu.tr

Mohammed H. IBRAHIM

Computer Engineering Department, Necmettin Erbakan University, Konya, Turkey

mibrahim@konya.edu.tr

Yusuf Yalcin ILERI

Health Informatics Department, Necmettin Erbakan University, Konya, Turkey

yileri@konya.edu.tr

**ABSTRACT:** Artificial neural networks (*ANNs*) are an information processing and estimation system developed to detect unknown outputs and unknown associations based on existing training data. *ANNs* can provide solutions to problems involving prediction, classification, image processing, optimization and identification in various disciplines such as: finance sector, engineering science, medical science, biology science and energy systems. In this study, multi-layer feed forward *ANNs* is used to recognize the handwriting numbers. Firstly, the training set of the study is created by converting the handwriting numbers into the picture format. Then, the obtained images are transformed into numerical values using the mean absolute deviation method and used as input data of the multilayered forward feed *ANNs*. The training of multilevel forward feed *ANNs* is done using Amoeba optimization algorithm. According to the results of the experimental study, the proposed method performed well.

**Key words:** amoeba optimization algorithm, number recognition, mean absolute deviation, artificial neural networks

## AMOEBA OPTİMİZASYON ALGORİTMASI İLE YAPAY SİNİR AĞLARININ EĞİTİMİ: RAKAM TANIMA UYGULAMASI

**ÖZET:** Yapay sinir ağları (YSA), mevcut eğitim verilerine dayanarak bilinmeyen çıktıları ve bilinmeyen ilişkileri tespit etmek için geliştirilmiş bir bilgi işleme ve tahmin sistemidir. YSA finans sektörü, mühendislik bilimi, tıp bilimi, biyoloji bilimi ve enerji sistemleri gibi çeşitli disiplinlerdeki tahmin, sınıflandırma, görüntü işleme, optimizasyon ve tanımlama problemlerine çözüm üretebilmektedir. Bu çalışmada da çok katmanlı ileri beslemeli YSA, el yazısı ile yazılan rakamları tanınması için kullanılmıştır. Öncelikle el yazısı ile yazılan rakamlar resim formatına çevrilerek çalışmanın eğitim seti oluşturulmuştur. Daha sonra elde edilen resimler, *ortalama mutlak sapma yöntemi* kullanılarak sayısal değerlere dönüştürülmüş ve çok katmanlı ileri beslemeli YSA'nın giriş verisi olarak kullanılmıştır. Çok katmanlı ileri beslemeli YSA'nın eğitimi Amoeba optimizasyon algoritması kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen deneysel çalışma sonuçlarına göre önerilen metot başarılı bir performans sergilemiştir.

**Anahtar sözcükler:** amoeba optimizasyon algoritması, rakam tanıma, ortalama mutlak sapma, yapay sinir ağları



## A NUMERICAL INVESTIGATION OF (PEMFC) SYSTEM

Yassine AMADANE\*, Hamid MOUNIR, Abdellatif El MARJANI, Ghassane AYAD

Research Team EMISys, research centre ENGINEERING 3S, Mohammadia School of Engineers, Mohammed V University, Rabat, Morocco

yassineamadane@research.emi.ac.ma\*, mounir@emi.ac.ma, marjani.abdel@gmail.com,  
ghassane.ayad@netcourrier.com

**ABSTRACT:** The purpose of this research aims to describe a numerical model that was developed to simulate the performance of (PEMFC) system. This study was to determine the fuel cell polarization curve and the calculation of power. The ohmic losses as well as the activation losses are given. A polarization curve (resp.power density curve) is the most important characteristic of a fuel cell and its performance. It would be useful to see what effect each of the parameters has on the polarization (resp.power density) curve shape. In this work, the performance of the PEM fuel cell is improving with increasing pressure and all the curves of power density varies positively.

**Key words:** PEM fuel cell, polarization curve, power density curve.



## MODELLING OF VELOCITY PROFILE AND PRESSURE DROP OF FLOWING WATER BASED NANOFUIDS AND PURE WATER IN THE MICROCHANNELS WITH CFD

Adnan TOPUZ  
Bulent Ecevit University  
adnan.topuz@beun.edu.tr

Tahsin ENGİN  
Sakarya University  
engint@sakarya.edu.tr

A. Alper ÖZALP  
Uludag University  
aozalp@uludag.edu.tr

Beytullah ERDOGAN  
Bulent Ecevit University  
beytullaherdogan@hotmail.com

Osman AYCAN  
Bulent Ecevit University  
osman.aycan@beun.edu.tr

Alper YETER  
alperyeter@kaleoto.com.tr

**ABSTRACT:** The microchannel heat sinks have widespread usage area in many applications. Pure water or ethylene glycol/water is used generally in microchannels of these heat sinks as coolant. In this study, the physical properties of heat sink are examined by using nanofluid and pure water as coolant.  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$  and  $\text{ZnO}$  nanoparticles are utilized within water based nanofluids in experiments. 100 ml nanofluid is prepared for each nanoparticle. The volumetric concentration of nanoparticles is about %0.1 for each nanofluids. Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) is added into the solutions as surfactant to prevent instability occurred due to agglomeration and sedimentation. Microchannel diameters in the study are from 100  $\mu\text{m}$  to 1000  $\mu\text{m}$ . The findings show that the velocity profile and the pressure drop of nanofluids in microchannel depending on hydraulic diameter. And also, Reynolds number is calculated by using CFD according to various nanofluids and microchannel dimensions. The velocity of flow and pressure drop decrease with increasing hydraulic diameter. Reynolds number has peak point at 200  $\mu\text{m}$  microchannel for all coolants, and  $\text{ZnO}/\text{Water}$  nanofluid has the highest Reynolds number among the others.

**Keywords:** nanofluids, microchannel, heat sink

### INTRODUCTION

The cooling systems are developed day by day for being more productive thanks to emerging technologies. The effects of  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Water}$  - nanofluid on the cooling performance



in a microchannel heat sink have been investigated experimentally. In addition to Reynolds Number, heat transfer coefficient and pumping power (Ho, Wei & Li, 2010), overall Nusselt Number and thermal resistance of heat sink have been also calculated depending on various volume concentrations of  $\text{Al}_2\text{O}_3$  particles (Chen & Ding, 2011). Lelea (2011) has studied with three different diameter of  $\text{Al}_2\text{O}_3$  particles and % 1-9 nanoparticles volume fraction. Heat transfer approach has been used to numerically study heat transfer characteristics in a microchannel heat sink with  $\text{Al}_2\text{O}_3$ /Water nanofluid (Bhattacharya, Samanta & Chakraborty, 2009). The convective heat transfer in a single microchannel has been investigated with pure water and  $\text{Al}_2\text{O}_3$ /Water nanofluid (Xu & Xu, 2012).

Either pure water or copper-water ( $\text{Cu}/\text{H}_2\text{O}$ ) nanofluid is used in microchannels of a heat sink (MCHS). Heat transfer analysis has been made with thermal dispersion model. The effects of Reynolds number, thermal dispersion coefficient and dispersed particles concentration are investigated on thermal fields and on thermal performance (Abbasi & Aghanajafi, 2006). The solid volume fraction and slip velocity coefficient affect the heat transfer rate (Raisi, Ghasemi & Aminossadati, 2011). On the another study, carbon nanotube/Water (CNT/ $\text{H}_2\text{O}$ ) nanofluid is utilized in MCHS (microchannels of a heat sink) as coolant additionally Cu/Water nanofluid (Tsai & Chein, 2007). For microchannel heat sink, the heat transfer problem has been solved numerically by considering  $\text{CuO}/\text{Water}$  and  $\text{CuO}/$ ethylene glycol. Optimal nanoparticle concentration is determined about %4 volumetrically (Kleinstreuer, 2005).

Entropy generation has been analyzed with computer simulation depending on various inlet temperatures, Reynolds number and channel aspect ratio for pure water and  $\text{CuO}/\text{Water}$  nanofluid with % 1-4 volumetric proportion that flowing in microchannel (Li & Kleinstreuer, 2010). It has been studied numerically related to entropy generation and heat transfer analysis for  $\text{Al}_2\text{O}_3$ /Water - nanofluid in microchannels. The results are compared for different Reynolds number and nanoparticles concentration. The heat transfer coefficient increases with particle volume fraction (Mah, Hung & Guo, 2012). Total entropy generation decreases with increasing volume fraction and Reynolds number and decreasing particle size (Shalchi-Tabrizi & Seyf, 2012).

The effects on convective heat transfer are investigated experimentally and numerically for alumina-water nanofluid in MCHS. For numerical study, a two-phase Eulerian-Eulerian method using the finite volume approach is used. The average Nusselt number increases with an increase in Reynolds number and volume concentration as well as with a decrease in the nanoparticle size (Kalteh, Abbasi, Saffar-Avval, Frijns, Darhuber & Harting, 2011). Thermal performance of  $\text{CuO}/\text{Water}$  nanofluid with % 1 and % 4 volume concentration has been simulated by using experimental data. Increase in pumping power enhances thermal performance, and also when volume fraction that used  $\text{CuO}$  particles increases (Kleinstreuer, 2008). An Eulerian two fluid model is adopted to simulate numerically a copper-water nanofluid. The relative velocity and temperature for nanofluid inside microchannel are calculated (Kalteh, Abbasi, Saffar-Avval & Harting, 2010).

The effects of various nanoparticles on nanofluid based water are examined on cooling performance in microchannel heat sink. These nanoparticles are  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Ag,  $\text{CuO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$  and diamond. The diamond-water nanofluid has the highest heat transfer coefficient,  $\text{SiO}_2$ /Water nanofluid has the highest pressure drop, Ag/Water nanofluid has the lowest pressure drop (Mohammed, Gunnasegaran & Shuaib, 2011). In two different dimension



microchannels, the effects of different nanofluids are investigated on heat transfer and pressure drop. Nine different nanoparticles and three different liquid such as water, ethylene glycol and oil have been used. The heat transfer coefficient is highest for water–diamond and is the lowest for SiO<sub>2</sub>/Water nanofluids. Also, the pressure drop for water-based nanofluid is very lower than the others and the heat transfer coefficient is the highest for water-based nanofluids (Kalteh, 2013).

In literature, there are generally studies related to monotype fluid or monotype hydraulic diameter or monotype tube. In this paper, the graphics of velocity, pressure drop and Reynolds number depending on position of fluid are presented for pure water and four different water based nanofluids i.e. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Water, SiO<sub>2</sub>/Water, TiO<sub>2</sub>/Water and ZnO/Water and six different hydraulic diameter i.e. 100, 200, 400, 500, 750, 1000 mm.

<b>Nomenclature</b>		<b>Greek symbols</b>
<i>d</i>	nanoparticle diameter (nm)	$\alpha$ thermal diffusivity ( $m^2/s$ )
<i>c<sub>p</sub></i>	specific heat (J/kgK)	$\mu$ dynamic viscosity (Pa.s)
<i>k</i>	thermal conductivity (W/mK)	$\rho$ density ( $kg/m^3$ )
<i>m</i>	mass (kg)	$\phi$ volume concentration ratio
<i>n</i>	shape factor, particle number per unit volume ( $1/m^3$ )	$\phi_w$ weight concentration ratio
<i>r</i>	nanoparticle radius (nm)	$\Psi$ sphericity
<i>h</i>	nanolayer thickness (nm)	<b>Subscripts</b>
<i>f</i>	friction coefficient	<i>bf</i> base fluid
<i>D</i>	hydraulic diameter	<i>eq</i> equivalent
SDS	Sodium Dodecyl Sulfate	<i>nf</i> nanofluid
<i>T</i>	temperature (K, °C)	<i>np</i> nanoparticle
TEM	Transmission Electron Microscopy	<i>nl</i> nanolayer
<i>V</i>	Velocity	
$\Delta$	volume ( $m^3$ )	

## MATERIAL AND METHOD

### Properties of Nanoparticles

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub> and ZnO nanoparticles are mixed with pure water for preparing nanofluids. Average sizes of these particles are 20, 30, 10-25 and 18 nm, respectively. All properties of nanoparticles are given in Table 1.

Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) as surfactant was used to prevent sedimentation of nanoparticles by clustering and to make nanofluid stability keep on. The density of this matter is 1.1 g/cm<sup>3</sup> and its pH value is between 6–9.

**Table 1. Properties of Nanoparticles**

Nanoparticle	Type	Density ( $kg/m^3$ )	Purity	Average Size	Specific Surface Area ( $m^2/g$ )	Shape
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Gamma	3890	> %99	20 nm	138	Close to spherical
SiO <sub>2</sub>	-	2400	%99.9	30 nm	440	Close to spherical

TiO <sub>2</sub>	Anatase	3900	>%99.5	10-25 nm	200-240	Close to spherical
ZnO	-	5606	%99.95	18 nm	40-70	Close to spherical

### Preparation of Nanofluids

All nanofluids at this study were prepared by 2-step method. Probe type ultrasonic homogenizer was used to disperse nanoparticles in a pure water (Ultrasonic Homogenizer Mark/Model: Optic Ivymen System / CY-500, Power: 500 W, Frequency: 20 kHz, Probe Diameter/Length: Ø5.6/60 mm).

Firstly, mass amounts of nanoparticle, pure water and SDS were calculated in accordance with desired nanofluid volumetric concentration, nanofluid volume and SDS weight concentration from Table 2. These quantities were weighed by a precision balance (AND GX-600, Max Mass: 610 g, Deviation: 0.001 g). Then, nanofluids were prepared in a flask by paying regard to many parameters considered to be effective at nanofluid stability. The nanofluid taken from the bottom location of the flask by a pipet was filled in the glass tubes, which have Ø16x160 mm dimensions with screw thread. Stabilities of nanofluids were examined by photo capturing method according to time. The most suitable parameters were determined by these images. According to these parameters, the most stable nanofluids were prepared and were conducted experiments.

During the experiments in this study, it was seen that uncontrolled temperature increment decreased vibrations of ultrasonic homogenizer. This was noticed by change of ultrasonic sound and decrease at surge of the top surface of the sample. Therefore, a heat bath was used to hold nanofluid temperature constant (Mark/Model: Cole Parmer / EW-12108-25, Temperature: -20~200°C, Temperature Stability: ±0.01°C, Bath Capacity: 6 L, Heating Capacity: 1 kW, Cooling Capacity: 200 W, Flow Rate: 11~24 L/min). The flask included nanofluid was put in the heat bath held at constant temperature as Figure 1. In this way, 100 mL of nanofluids were prepared. In addition, during ultrasonication, high temperatures were seen at the probe of ultrasonic homogenizer. To compensate it, the probe was cooled by a fan.



**Figure 1.** Preparation of nanofluid with temperature control



The equations used in Table 3 for the nanofluids are the following:

Volume concentration of nanofluid,

$$\phi = \frac{V_{np}}{V_{nf}} = \frac{\rho_{np} - \rho_{bf}}{\rho_{np} - \rho_{bf}} \quad (1)$$

Volume of nanofluid,

$$V_{nf} = V_{np} + V_{bf} \quad (2)$$

Mass of nanofluid,

$$m_{nf} = m_{np} + m_{bf} \quad (3)$$

Density for nanofluid, nanoparticle and water water,

$$\rho = m/V \quad (4)$$

Weight concentration of SDS/Nanoparticle,

$$\phi = \frac{m_{SDS}}{m_{np}} \quad (5)$$

Pressure drop of nanofluid,

$$\Delta P = \rho f \frac{L V^2}{D/2} \quad (6)$$

Reynolds number of nanofluid,

$$Re = \frac{V \rho D}{\mu} \quad (7)$$

**Table 2. Nanofluids According to Volumetric Concentration at 20°C**

Nanofluid	Volume Concent	Nanofluid Volume	Base Fluid Density	Particle Density	Particle Volume	Base Fluid Volume	Particle Mass	Base Fluid Mass	SDS-Particle Weight Concent. $\phi_{w,SDS}$ (%)	SDS Mass
	$\phi$ (%)	$V_{nf}$ (mL)	$\rho_{bf}$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho_{np}$ (kg/m <sup>3</sup> )	$V_{np}$ (mL)	$V_{bf}$ (mL)	$m_{np}$ (g)	$m_{bf}$ (g)	$m_{SDS}$ (g)	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,10	100	998,0	3890	0,10	99,90	0,389	99,700	50,00	0,195
SiO <sub>2</sub>	0,10	100	998,0	2400	0,10	99,90	0,240	99,700	50,00	0,120
TiO <sub>2</sub>	0,10	100	998,0	3900	0,10	99,90	0,390	99,700	50,00	0,195
ZnO	0,10	100	998,0	5606	0,10	99,90	0,561	99,700	50,00	0,280

## RESULTS AND FINDINGS

The diameter of microchannels used in heat sink is generally 2000  $\mu m$ . In this study, microchannels between 100 - 1000  $\mu m$  diameters were utilized to compare the properties of nanofluids and pure water. Nanofluids that have volumetric concentration by % 0.1 were examined by making CFD analyses depending on hydraulic diameter ( $D_h$ ) in terms of velocity of flow ( $V$ ), pressure drop ( $\Delta P$ ) in channels and Reynolds number ( $Re$ ). All experimental results are showed in Table 3.

**Table 3. Experimental Results of Nanofluids and Pure Water**

$D_h$ ( $\mu m$ )	Water			$Al_2O_3$			$SiO_2$			$TiO_2$			$ZnO$		
	V (m/s)	$\Delta P$ (kPa)	Re	V (m/s)	$\Delta P$ (kPa)	Re	V (m/s)	$\Delta P$ (kPa)	Re	V (m/s)	$\Delta P$ (kPa)	Re	V (m/s)	$\Delta P$ (kPa)	Re
100	45	3650	3550	45	3650	3825	45	3600	3680	45	3650	3825	45	3650	3970
200	23,75	625	3760	23,75	625	4030	23,75	625	3880	23,75	625	4030	23,75	625	4200
400	11,78	79	3720	11,78	79	3990	11,78	79	3850	11,78	79	3990	11,78	79	4150
500	8,2	34	3240	8,2	34	3480	8,2	34	3350	8,2	34	3480	8,2	34	3610
750	3,65	5,5	2160	3,65	5,5	2320	3,65	5,5	2240	3,65	5,5	2320	3,65	5,5	2410
1000	1,970	2,05	1555	1,97	2,05	1670	1,97	2,05	1610	1,97	2,05	1665	1,97	2,05	1770

The velocity profile in microchannels was investigated for pure water and 4 different nanofluids. The velocity changing was compared by using various nanofluids for microchannels from  $100 \mu m$  to  $1000 \mu m$ . In Figure 2, this alteration is demonstrated.

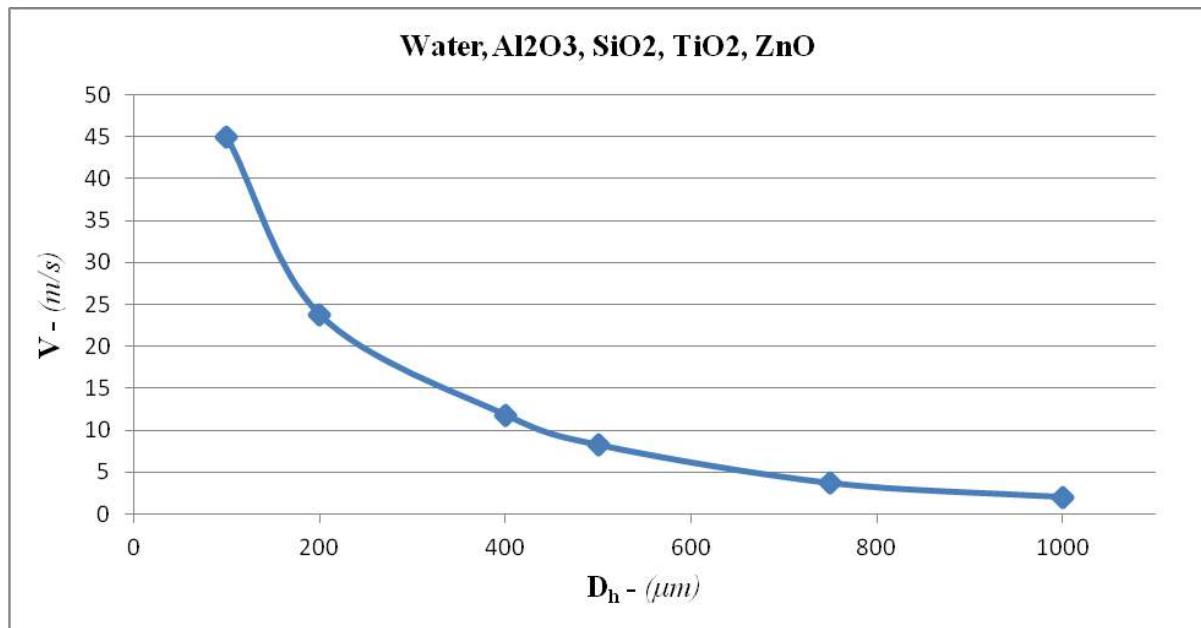
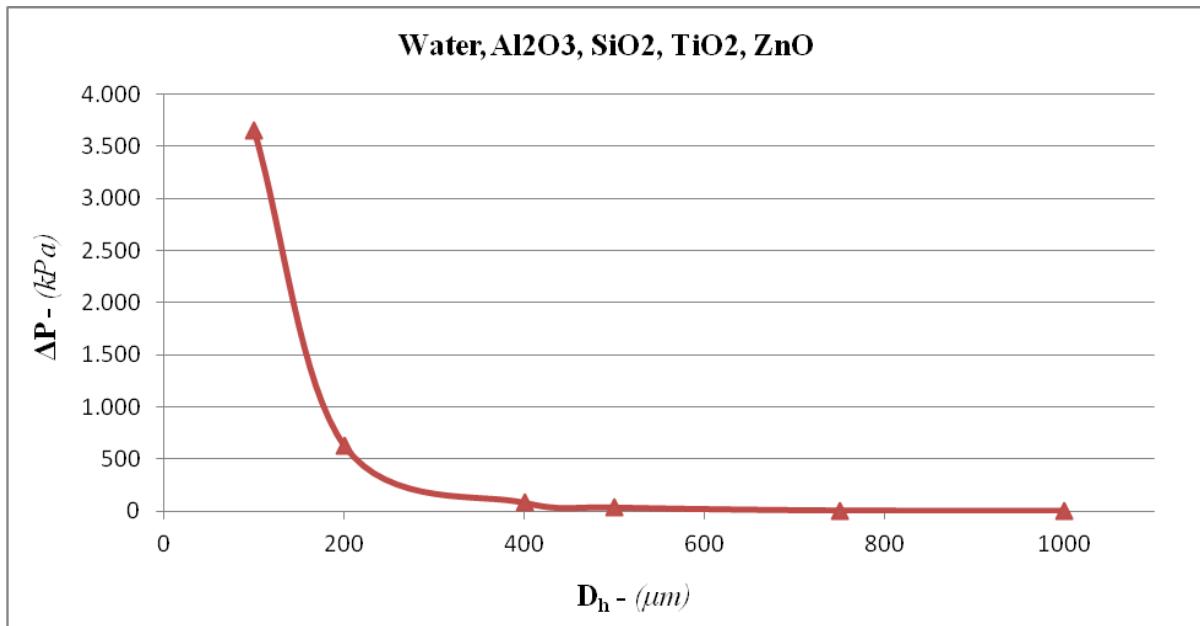


Figure 2. Velocity - Hydraulic Diameter Alteration for Nanofluids

When the hydraulic diameter increases, it seems that the velocity of flow decreases. And, loss of pressure depending on velocity profile in microchannels is extremely. This drop is showed in Figure 3.



**Figure 3. Pressure Drop - Hydraulic Diameter Alteration for Nanofluids**

The values shown in Figure 2 and Figure 3 are over single line. Because, the results for each microchannel diameter are similar for water and different nanofluids.

Reynolds number changing is indicated in Figure 4 with different hydraulic diameters for nanofluids based on water and pure water. The results are same for Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and TiO<sub>2</sub> nanoparticles. Therefore, the values of these nanofluids are showed over single line, but other fluids with different lines.

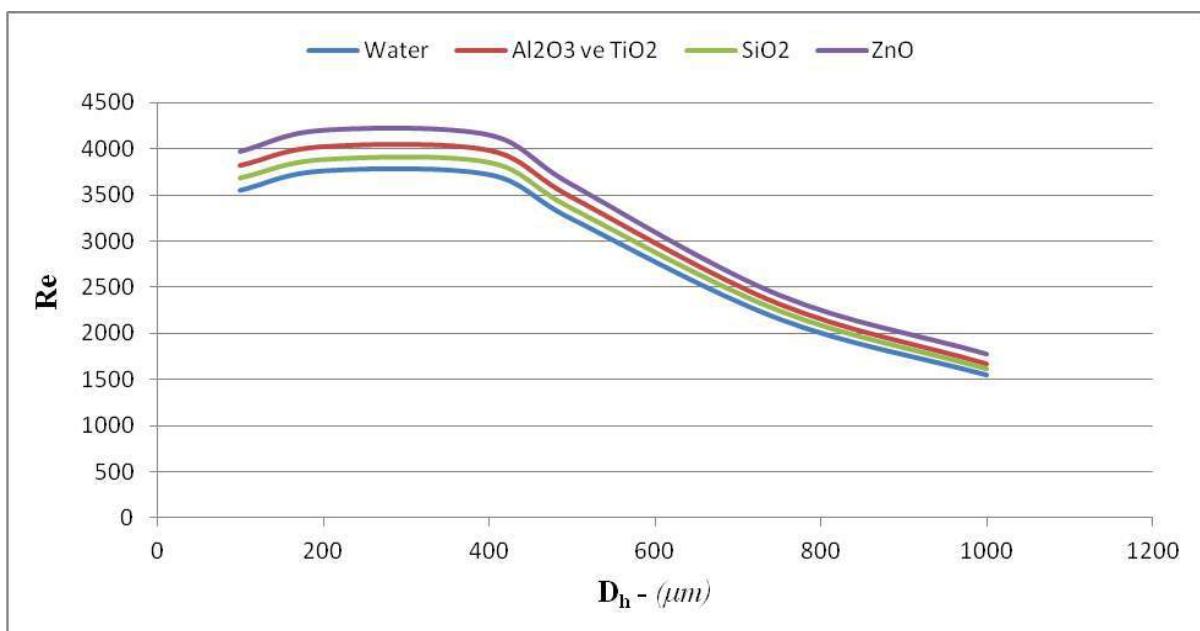




Figure 4. Reynolds Number - Hydraulic Diameter Alteration for Nanofluids

## CONCLUSION

The velocity profile of nanofluids in microchannel tends to be downward with increase in hydraulic diameter of microchannel . When pure water and the other fluids i.e. pure water based Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, ZnO flow in microchannel that same size, their velocity values are same for each diameter. The fluid velocity is 45 m/s for a microchannel with 100  $\mu\text{m}$ . The high deceleration is seen for 200  $\mu\text{m}$ , but low deceleration for larger hydraulic diameter i.e. 400  $\mu\text{m}$ , 500  $\mu\text{m}$ , 750  $\mu\text{m}$ , 1000  $\mu\text{m}$ .

The pressure drop of nanofluids in microchannel decreases with increase in hydraulic diameter of microchannel. When pure water and the other fluids i.e. pure water based Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, ZnO flow in microchannel that same size, their pressure drop values are same for each diameter just as velocity profile. The highest pressure drop is 3650 kPa for microchannel with 100  $\mu\text{m}$ . However, lower pressure drop is seen for the others, especially 2,05 kPa for 1000  $\mu\text{m}$ .

The Reynolds number of pure water based Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and TiO<sub>2</sub> nanofluids in microchannel are similar for all hydraulic diameters. So, Reynolds number of these nanofluids are showed over single line in Figure 4. Their highest Reynolds number is 4030 for 200  $\mu\text{m}$ . 200  $\mu\text{m}$  diameter is peak point for Reynolds Number of all fluids. ZnO/Water nanofluid has the largest Reynolds number with 4200 among all fluids for 200  $\mu\text{m}$ . And, pure water has the smallest Reynolds number with 3760.

## ACKNOWLEDGMENT

This project was supported by "The Scientific and Technological Research Council Of Turkey" (TUBITAK 1505, Project No. 5140013) and Kale Oto Radyatör Sanayi ve Ticaret A.Ş. The authors gratefully acknowledge the financial supports from TUBITAK and Kale Oto Radyatör.

## REFERENCES

- Abbasi, H., & Aghanajafi, C. (2006). Evaluation of heat transfer augmentation in a nanofluid-cooled microchannel heat sink. *Journal of Fusion Energy*, 25, 187-196.
- Bhattacharya, P., Samanta, A. N., & Chakraborty, S. (2009). Numerical study of conjugate heat transfer in rectangular microchannel heat sink with Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O nanofluid. *Heat Mass Transfer*, 45, 1323-1333.
- Chen, C. H., & Ding, C.Y. (2011). Study on the thermal behavior and cooling performance of a nanofluid-cooled microchannel heat sink. *International Journal of Thermal Sciences*, 50, 378-384.
- Ho, C. J., Wei, L. C., & Li, Z.W. (2010). An experimental investigation of forced convective cooling performance of a microchannel heat sink with Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/water nanofluid. *Applied Thermal Engineering*, 30, 96-103.



- Kalteh, M., Abbasi, A., Avval, M. S., & Harting, J. (2011). Eulerian-Eulerian two phase numerical simulation of nanofluid laminar forced convection in a microchannel. *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 32, 107-116.
- Kalteh, M., Abbasi, A., Avval, M. S., Frijns, A., Darhuber, A., & Harting, J. (2012). Experimental and numerical investigation of nanofluid forced convection inside a wide microchannel heat sink. *Applied Thermal Engineering*, 36, 260-268.
- Koo, J., & Kleinstreuer, C. (2005). Laminar nanofluid flow in microheat-sinks. *International Journal of Heat and Mass transfer*, 48, 2652-2661.
- Lelea, D. (2011). The performance evaluation of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/water nanofluid flow and heat transfer in microchannel heat sink. *International Journal of Heat and Mass transfer*, 54, 3891-3899.
- Li, J., & Kleinstreuer, C. (2008). Thermal performance of nanofluid flow in microchannels. *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 29, 1221-1232.
- Li, J., & Kleinstreuer, C. (2010). Entropy generation analysis for nanofluid flow in microchannels. *Journal of Heat Transfer*, 132, 1-8.
- Mah, W. H., Hung, Y. M., & Guo, N. (2012). Entropy generation of viscous dissipative nanofluid flow in microchannels. *International Journal of Heat and Mass transfer*, 55, 4169-4182.
- Mohammed, H. A., Gunnasegaran, P., & Shuaib, N.H. (2011). The impact of various nanofluid types on triangular microchannels heat sink cooling performance. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 38, 767-773.
- Raisi, A., Ghasemi, B., & Aminossadati, S. M. (2011). A numerical study on the forced convection of laminar nanofluid in a microchannel with both slip and no-slip conditions. *Numerical Heat Transfer*, 59, 114-129.
- Tabrizi, A. S., & Seyf, H. R. (2012). Analysis of entropy generation and convective heat transfer of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanofluid flow in a tangential micro heat sink. *International Journal of Heat and Mass transfer*, 55, 4366-4375.
- Tsai, T. H., & Chein, R. (2007). Performance analysis of nanofluid-cooled microchannel heat sinks. *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 28, 1013-1026.
- Xu, L., & Xu, J. (2012). Nanofluid stabilizes and enhances convective boiling heat transfer in a single microchannel. *International Journal of Heat and Mass transfer*, 55, 5673-5686.
- Kalteh, M. (2013). Investigating the effect of various nanoparticle and base liquid types on the nanofluids heat and fluid flow in a microchannel . *Applied Mathematical Modelling*, 37, 8600-8609.



## MODELLING OF COOLING LOAD WITH CFD ACCORDING TO ETHYLENE GLYCOL + PURE WATER BY USING NANOFLUID IN THE AUTOMOBILE RADIATORS

Adnan TOPUZ  
Bulent Ecevit University  
adnan.topuz@beun.edu.tr

A. Alper ÖZALP  
Uludag University  
aozalp@uludag.edu.tr

Tahsin ENGİN  
Sakarya University  
engint@sakarya.edu.tr

Beytullah ERDOGAN  
Bulent Ecevit University  
beytullaherdogan@hotmail.com

Osman AYCAN  
Bulent Ecevit University  
osman.aycan@beun.edu.tr

Alper YETER  
alperyeter@kaleoto.com.tr

**ABSTRACT:** Studies and analyses for efficient use of energy and less pollution of the environment has been increased quite in recent years. Increasing cooling performance of automobile radiators has also become important in the automotive sector in the direction of increasing emission controls and high performance demands. In this paper, the effects on cooling performance of usage ethylene glycol/water (EG/Water) fluid and  $\text{Al}_2\text{O}_3$ /water nanofluid in automobile radiators have been examined with CFD analysis.  $\text{Al}_2\text{O}_3$ /water nanofluid has been used with three different volumetric concentrations (0.5%, 0.7% and 1.0%). The equation series of fluids are generated from datum of density, specific heat, heat conductivity and dynamic viscosity for analyses. Pressure drop, heat transfer coefficient and cooling load have been calculated by simulating in a radiator model as a result of these analyses. Usage of nanofluid instead of pure water or EG/Water has provided to enhancement cooling performance up to %20.

**Keywords:** nanofluids, heat transfer enhancement, automobile radiator, CFD

## INTRODUCTION

Increasing energy requirement and energy consumption provided many innovations inevitably. Heat transfer enhancement is one of studies in this area. A number of investigations are going on related to heat transfer in order to increase cooling performance and productivity in automobile radiators.



The performance of  $\text{Al}_2\text{O}_3$ /water nanofluid as coolant in an automobile radiator is examined experimentally. Nanofluid volume fractions are 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8% and 1.0%. Mathematical method is developed for heat transfer of radiator by using  $\epsilon$ -NTU method (Sankar, 2012). Aydogan (2009) has compared the performance enhancement of aluminum oxide and hexagonal boron nitride (hBN) nanoparticles. Water and ethylene glycol (EG) (%50-%50) are mixed for base fluid. It has been observed that the nanofluid containing hBN has much higher performance enhancement than alumina.

The effects on heat transfer performance of  $\text{Al}_2\text{O}_3$ /water and  $\text{Al}_2\text{O}_3$ /EG nanofluids have been simulated by using 3D CFD. Single and two-phase approaches are used for numerical studies (Delavari & Hashemabadi, 2014). A parametric studying has been made on automotive radiators. This numeric model is a reasonable compromise between  $\epsilon$ -NTU and CFD (Oliet, Oliva, Castro & Perez-Segarra, 2007). Heat transfer and pressure drop characteristic of copper/water nanofluid have been studied numerically. Numeric simulation is made with the Finite Difference (FD) approach. Reynolds number and nanoparticle volume fraction are in the range of 100-1000 and 0-0,05, respectively. Heat transfer enhancement increases with increasing nanoparticle volumetric rate and Reynolds number (Ahmed, Shuaib, Yusoff & Al-Falahi). Heat transfer performance of nanofluid flowing through flattened tube has been examined with a 3D analysis. EG based nanofluid have different  $\text{CuO}$  nanoparticle volume fraction ranging from 0-4%. Heat transfer coefficient increases about 19% with augmentation in volumetric concentration level and Reynolds number (Huminic & Huminic, 2013).

The effect on heat transfer of vehicle radiator of  $\text{SiO}_2$ /water nanofluid has investigated both experimentally and numerically. Four different volume fraction, flow ratio and Reynolds number of nanofluid are in the range of 1.0-2.5%, 2-8 LPM and 500-1750, respectively. When  $\text{SiO}_2$ /water nanofluid with low concentration uses on the radiators, heat transfer can rise up to 50% (Hussein, Bakar & Kadrigama).

Application of EG based copper nanofluid has been studied on automotive cooling system. It has been investigated in terms of heat transfer. Heat transfer coefficient and heat transfer rate increase with using nanofluid. The heat transfer enhancement is observed about 3,8% by including 2% copper nanoparticle (Leong, Saidur, Kazi & Mamun). Naraki (2013) has studied with  $\text{Cu}$ /water nanofluid in the range of 0-4% volumetric concentration. The heat transfer coefficient increases up to 8% in his experiments. On another studying, the heat transfer performance of an automobile radiator is evaluated experimentally by calculating the overall heat transfer coefficient according to  $\epsilon$ -NTU method.  $\text{CuO}$ /water and  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ /water nanofluid with 0.15%, 0.4% and 0,65% volumetric concentration. Both two nanofluids have the bigger heat transfer coefficient up to 9% in comparison with pure water (Peyghambarzadeh, Hashemabadi, Naraki & Vermahmoudi, 2013).

Peyghambarzadeh (2011) has made comparison between pure water and  $\text{Al}_2\text{O}_3$ /water nanofluid in terms of heat transfer in an automobile radiator. Five different nanofluids in the range of 0.1-1%, which being mass flow rate 2-5 LPM, is used in experiments. Usage nanofluid with low concentration increases to the heat transfer efficiency up to 45%. Instead of water based  $\text{Al}_2\text{O}_3$  nanofluid, application of water and EG mixture (50%-50%) based  $\text{Al}_2\text{O}_3$  show the heat transfer enhancement up to 40% (Peyghambarzadeh, Hashemabadi, Hoseini & Jamnani, 2011). Nusselt number, total heat transfer and overall



heat transfer coefficient increase with increasing nanoparticle volume fraction, Reynolds number and coolant mass flow rate (Bhogare & Kothawale, 2014). Mixed convection boundary layer flow from a horizontal circular cylinder in a nanofluid is studied by using water based three nanofluids, such as Cu, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and TiO<sub>2</sub>. The skin friction coefficient and heat transfer rate at surface increase with enhancement nanoparticle volume fraction (Tham, Nazar & Pop, 2010).

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/water and TiO<sub>2</sub>/water nanofluids as coolant in an air-cooled radiator have been used. Heat loss capacity and efficiency factor of TiO<sub>2</sub> nanofluid is greater than Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanofluid (Nieh, Teng & Yu, 2014). The effect on heat transfer in an automobile radiator of TiO<sub>2</sub>/water nanofluid has been compared with usage pure water instead of nanofluid. Application of nanofluid increases the heat transfer efficient up to %45 (Bhimani, Rathod & Sorathiya, 2013). Heat transfer augmentation has been investigated by using water based TiO<sub>2</sub> and SiO<sub>2</sub> nanofluids in an automotive cooling system. Nusselt number increases with increasing mass flow rate, inlet temperature and nanofluid volumetric concentration (Hussein, Bakar, Kadirgama & Sharma, 2014). And also, the heat transfer of radiator increase with together nanofluid volume fraction (Hussein, Bakar, Kadirgama & Sharma, 2014). On the another research, the heat transfer enhancement has been examined experimentally by using ZnO/water nanofluid. Nanofluids with different volumetric concentration have been compared in terms of the effects on heat transfer. Nanofluid with 0.2% has the best heat transfer enhancement with up to 46% (Ali, Ali, Liaquat, Maqsood & Nadir, 2015).

In this study, thermophysical properties of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanoparticle have been included to the CFD by measuring experimentally and generating equation series. The heat transfer coefficient, pressure drop and cooling loads have been determined by choosing five channels on radiator by means of included equation series. The obtained values are compared for pure water, EG + Water (50% - 50%) and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> fluids.

<b>Nomenclature</b>		<b>Greek symbols</b>
<i>d</i>	nanoparticle diameter (nm)	$\alpha$ thermal diffusivity ( $m^2/s$ )
<i>c<sub>p</sub></i>	specific heat (J/kgK)	$\mu$ dynamic viscosity (Pa.s)
<i>k</i>	thermal conductivity (W/mK)	$\rho$ density ( $kg/m^3$ )
<i>m</i>	mass (kg)	$\phi$ volume concentration ratio
<i>n</i>	shape factor, particle number per unit volume ( $1/m^3$ )	$\phi_w$ weight concentration ratio
<i>r</i>	nanoparticle radius (nm)	$\Psi$ sphericity
<i>h</i>	nanolayer thickness (nm)	<b>Subscripts</b>
<i>f</i>	friction coefficient	<i>bf</i> base fluid
<i>D</i>	hydraulic diameter	<i>eq</i> equivalent
<i>SDS</i>	Sodium Dodecyl Sulfate	<i>nf</i> nanofluid
<i>T</i>	temperature (K, °C)	<i>np</i> nanoparticle
<i>TEM</i>	Transmission Electron Microscopy	<i>nl</i> nanolayer
<i>V</i>	Velocity	
$\nabla$	volume ( $m^3$ )	

## MATERIAL AND METHOD

### Properties of Materials



Nanofluid is prepared by mixing Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanoparticle and pure water. Average size of this nanoparticle is 20 nm. The properties of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanoparticle are given in Table 1.

Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) as surfactant was used to prevent sedimentation of nanoparticles by conglomeration and to make nanofluid stability keep on. The density of this matter is 1.1 g/cm<sup>3</sup> and its pH value is between 6–9.

**Table 1. Properties of Nanoparticle**

Nanoparticle	Type	Density (kg/m <sup>3</sup> )	Purity	Average Size	Specific Surface Area (m <sup>2</sup> /g)	Shape
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Gamma	3890	> %99	20 nm	138	Close to spherical

*Ethylene glycol (EG) is primarily used in antifreeze mixture. This mixture is generally 50% pure water and 50% ethylene glycol. The thermodynamic properties of EG depending on temperature are given in Table 2.*

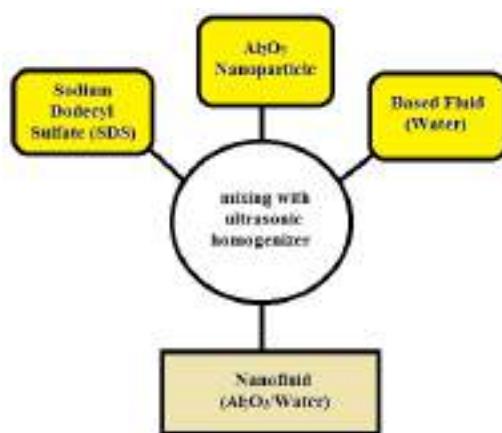
*Table 2. Thermodynamic Properties of EG/Water Mixture (50%-50%)*

Temperatu re $T (^{\circ}C)$	Temperatu re $T (K)$	Densit y $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Specific Heat $c_p$ (J/kgK)	Thermal Conductivity $k$ (W/mK)	Dynamic Viscosity	
					$\mu$ (kg/ms, Pa.s)	$\mu$ (mPa.s)
0	273	1083.0 1	3182.12	0.378985	0.00946251	9.46251
5	278	1080.3 6	3216.65	0.382130	0.00764220	7.6422
10	283	1077.6 9	3249.93	0.385275	0.00625995	6.25995
15	288	1074.9 9	3281.56	0.388420	0.00519918	5.19918
20	293	1072.2 6	3311.91	0.391565	0.00437874	4.37874
25	298	1069.4 9	3341.38	0.394710	0.00372766	3.72766
30	303	1066.6 8	3369.53	0.397855	0.00320492	3.20492
35	308	1063.8 1	3396.02	0.401000	0.00277904	2.77904
40	313	1060.8 6	3421.50	0.404144	0.00243002	2.43002
45	318	1057.8 3	3446.67	0.407289	0.00214228	2.14228
50	323	1054.7 4	3471.70	0.410434	0.00190031	1.90031
55	328	1051.5 7	3496.35	0.413579	0.00169296	1.69296
60	333	1048.3 3	3519.70	0.416724	0.00151694	1.51694
65	338	1045.0	3540.84	0.419869	0.00136981	1.36981

		3				
70	343	1041.6 <sub>6</sub>	3559.55	0.423014	0.00124537	1.24537
75	348	1038.1 <sub>9</sub>	3576.08	0.426159	0.00113710	1.1371
80	353	1034.6 <sub>3</sub>	3591.41	0.429303	0.00104304	1.04304
85	358	1030.9 <sub>8</sub>	3606.46	0.432448	0.00096191	0.96191 <sub>4</sub>
90	363	1027.2 <sub>5</sub>	3621.41	0.435593	0.00089115	0.89114 <sub>8</sub>
95	368	1023.4 <sub>4</sub>	3636.04	0.438738	0.00082854	0.82854 <sub>1</sub>
100	373	1019.5 <sub>6</sub>	3649.38	0.441883	0.00077387	0.77387 <sub>4</sub>
105	378	1015.6 <sub>0</sub>	3660.49	0.445028	0.00072711	0.72711 <sub>2</sub>
110	383	1011.5 <sub>7</sub>	3669.21	0.448173	0.00068718	0.68718 <sub>3</sub>
115	388	1007.4 <sub>8</sub>	3675.77	0.451318	0.00065251	0.65251 <sub>2</sub>
120	393	1003.3 <sub>7</sub>	3681.16	0.454462	0.00062067	0.62067

### Preparation of Coolant

The nanofluid at this study was prepared by 2-step method. This method is showed in Figure 1. Probe type ultrasonic homogenizer was used to disperse nanoparticles in a pure water (Ultrasonic Homogenizer Mark/Model: Optic Ivymen System / CY-500, Power: 500 W, Frequency: 20 kHz, Probe Diameter/Length: Ø5.6/60 mm).



**Figure 1.** Two-step preparation process of nanofluids

Firstly, mass amounts of nanoparticle, pure water and SDS were calculated in accordance with desired nanofluid volumetric concentration, nanofluid volume and SDS weight concentration from Table 3. These quantities were weighed by a precision balance (AND GX-600, Max Mass: 610 g, Deviation: 0.001 g). Then, nanofluids were prepared in a flask by paying regard to many parameters considered to be effective at nanofluid stability. The

nanofluid taken from the bottom location of the flask by a pipet was filled in the glass tubes, which have Ø16x160 mm dimensions with screw thread. Stabilities of nanofluids were examined by photo capturing method according to time. The most suitable parameters were determined by these images. According to these parameters, the most stable nanofluids were prepared and were conducted experiments.

**Table 3. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Nanofluid According to Volumetric Concentration at 20°C**

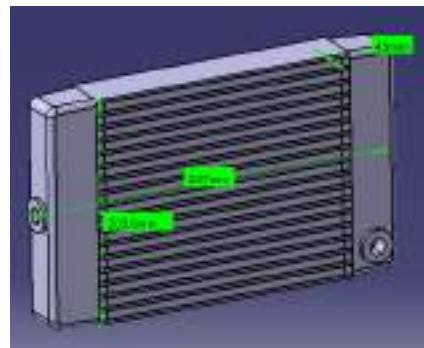
Nanofluid	Volume Concent.	Nanofluid Volume	Base Fluid Density	Particle Density	Particle Volume	Base Fluid Volume	Particle Mass	Base Fluid Mass	SDS-Particle Weight Concent.	SDS Mass
	$\phi$ (%)	$V_{nf}$ (mL)	$\rho_{bf}$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho_{np}$ (kg/m <sup>3</sup> )	$V_{np}$ (mL)	$V_{bf}$ (mL)	$m_{np}$ (g)	$m_{bf}$ (g)	$\phi_{w,SDS}$ (%)	$m_{SDS}$ (g)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.5	100	998.0	3890	0.50	99.50	1.945	99.30 <sub>1</sub>	15.00	0.292
	0.7	100	998.0	3890	0.70	99.30	2.723	99.10 <sub>1</sub>	15.00	0.408
	1.0	100	998.0	3890	1.00	99.00	3.890	98.80 <sub>2</sub>	15.00	0.584

## RESULTS AND FINDINGS

The radiator with sizes of 203.6 mm, 337 mm and 45 mm shown in Figure 2 was used in this study. Firstly, porosity coefficients of radiator are determined in order to make CFD analysis by using ANSYS. This porosity coefficients are inertial resistance factor ( $C_2$ ) and viscous inertial resistance factor ( $1/\alpha$ ). As a result of some tests,  $C_2$  and  $1/\alpha$  values are found 0.004 and 400 respectively for aluminum body of radiator. Analyses datum are very close to the experimental datum with this porosity coefficient. The outlet temperature of fluid is given both numerical and experimental results in Table 4.

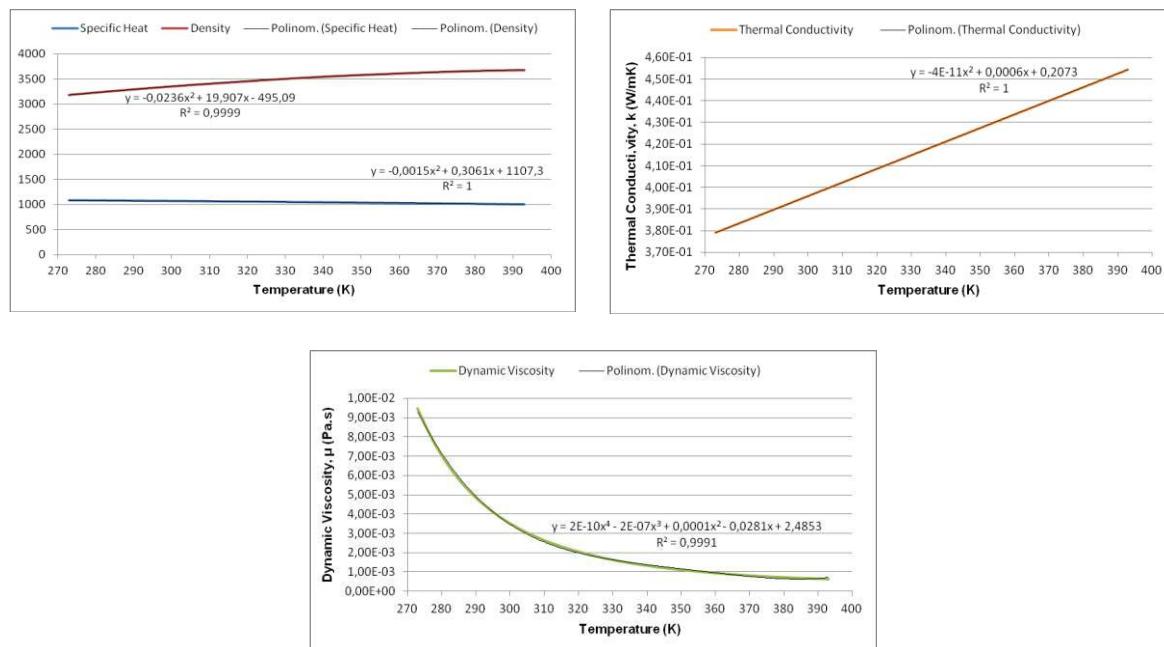
**Table 4. Numerical and Experimental Results of the Outlet Temperatures of Fluid**

Material	$C_2$ coefficient	$1/\alpha$ coefficient	Numerical Results (°C)	Experimental Results (°C)	Difference (°C)
Aluminum: 202 W/mK	0.1	10000	93	88	5
	0.01	1000	88	87.1	0.9
	0.005	500	87	86.5	0.5
	0.001	100	82	83.9	1.9
	0.003	300	85	84.6	0.4
	0.004	400	86	85.9	0.1


**Figure 2.** Radiator 3D Model

### Generating Equation Series for CFD Analysis

The equation series are generated for Pure Water, Ethylene Glycol - Water (50% - 50%) fluid and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  / Water with three different volume concentration (0.5%, 0.7% and 1.0%). CFD analysis is made by the help of these equation series. The equation series of EG/Water are derived from datum shown in Table 2.


**Figure 3.** Equation Series of EG/Water

In Figure 3, the equation series of EG/Water are demonstrated for density, specific heat, thermal conductivity and dynamic viscosity. In the analysis, the following equations are used for the properties of the radiator fluid.

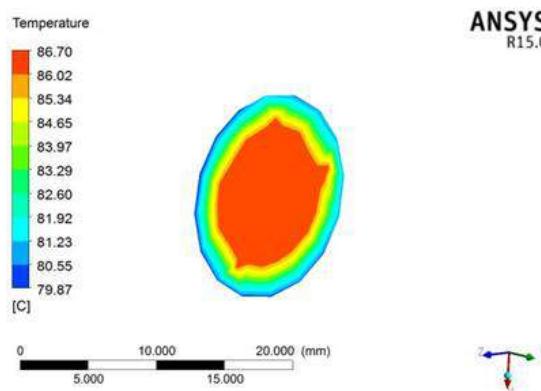
$$\text{Density} \quad y = -0.0236x^2 + 19.907x - 495.09 \quad (1)$$

$$\text{Specific Heat} \quad y = -0.0015x^2 + 0.3061x + 1107.3 \quad (2)$$

$$\text{Thermal Conductivity} \quad y = -4E-11x^2 + 0.0006x + 0.2073 \quad (3)$$

Dynamic Viscosity  $y = 2E-10x^4 - 2E-07x^3 + 0.0001x^2 - 0.0281x + 2.4853$  (4)

As a result of made analysis with these datum, the outlet temperature of fluid in radiator has been found 86.5 °C as an average value. And, this value is very close to the experimental result of 85.9 °C. It has been seen that thermal properties depending on temperature do not affect to the outlet temperature value of radiator. However, the temperature distributions in the flow cross-section have changed, especially the fluid temperatures in the areas close to the channel wall have changed more prominently. The outlet temperature of fluid in radiator is seen in Figure 4.



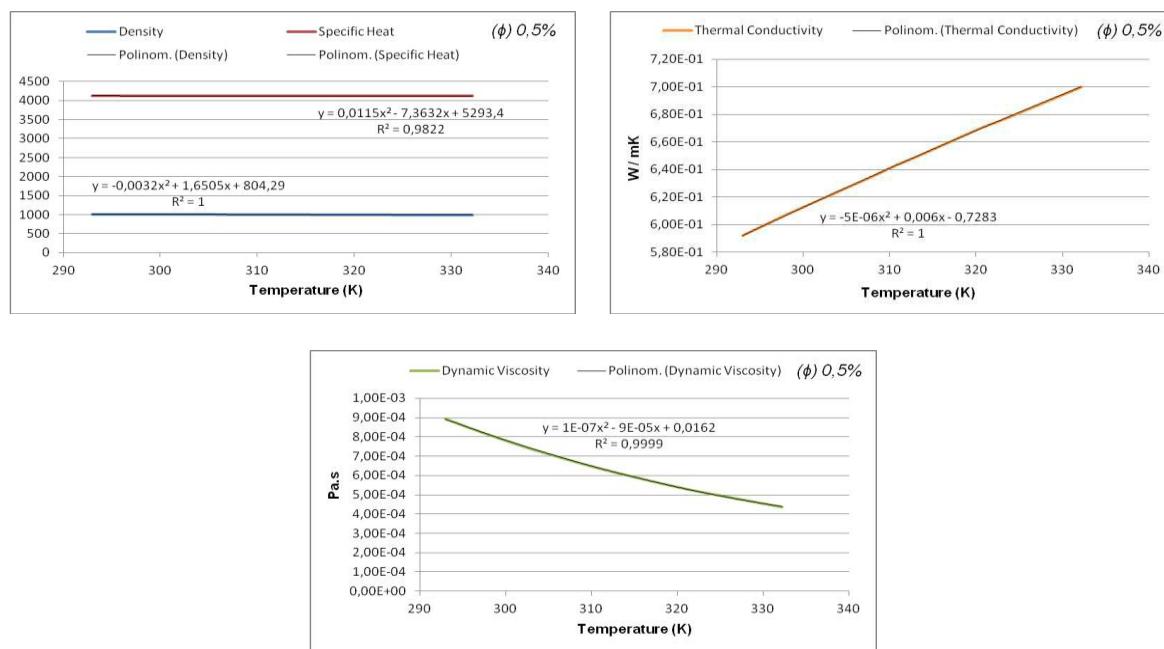
**Figure 4.** The Outlet Temperature of Fluid in Radiator

Radiator values have been examined by passing nanofluid through the radiator, after EG/Water (50%-50%) fluid. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Water with different volumetric concentration such as 0.5%, 0.7% and 1.0% are used as nanofluid. The thermal properties depending on temperature are presented in Table 5.

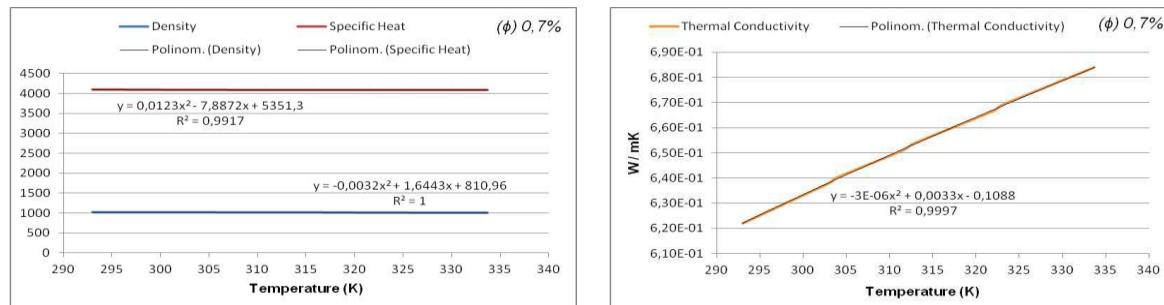
**Table 5. Thermal Properties of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Nanofluid**

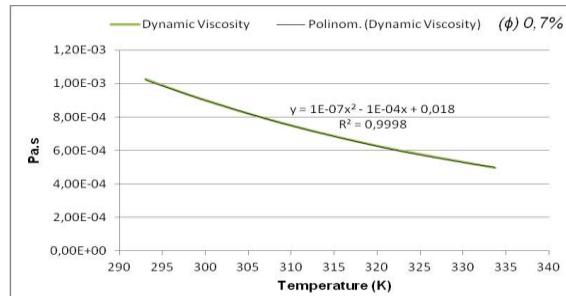
Volumetric Concent. $\phi$ (%)	Temp T (K)	Density $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Specific Heat $c_p$ (J/kgK)	Thermal Conduct. $k$ (W/mK)	Dynamic Viscosity $\mu$ (Pa.s)	Volumetric Concent. $\phi$ (%)	Temp T (K)	Density $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Specific Heat $c_p$ (J/kgK)	Thermal Conduct. $k$ (W/mK)	Dynamic Viscosity $\mu$ (Pa.s)
0.5%	293	1012.7	4125	0.592	0.000894	0.7%	313	1012.03	4089	0.654	0.000709
	298	1011.48	4122	0.607	0.000812		318	1010.15	4089	0.661	0.000649
	303	1010.1	4120	0.621	0.000738		322,2	1008.45	4089	0.667	0.000603
	303.7	1009.9	4119	0.623	0.000729		323	1008.11	4089	0.669	0.000595
	308	1008.56	4118	0.635	0.000673		333.7	1003.21	4091	0.684	0.000496
	310.7	1007.66	4117	0.643	0.00064	1.0%	293	1025.78	4057	0.65	0.001017
	313	1006.86	4117	0.649	0.000614		298	1024.52	4054	0.66	0.000926
	318	1005	4117	0.663	0.000561		303	1023.1	4051	0.67	0.000845
	320.9	1003.84	4117	0.671	0.000532		303.8	1022.85	4051	0.671	0.000833

	323	1002.98	4117	0.676	0.000513		308	1021.51	4049	0.679	0.000772
	332.2	998.84	4118	0.7	0.000437		310.1	1020.8	4048	0.683	0.000744
0.7%	293	1017.94	4098	0.622	0.001025		313	1019.77	4048	0.689	0.000707
	298	1016.7	4095	0.63	0.000932		318	1017.87	4047	0.698	0.000647
	303	1015.3	4092	0.638	0.00085		319.6	1017.23	4047	0.701	0.00063
	303.8	1015.06	4092	0.64	0.000837		323	1015.81	4047	0.707	0.000594
	308	1013.74	4091	0.646	0.000775		330.9	1012.22	4047	0.721	0.00052
	311.5	1012.56	4090	0.651	0.000728						

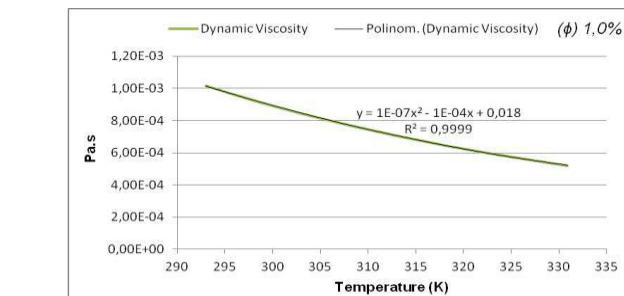
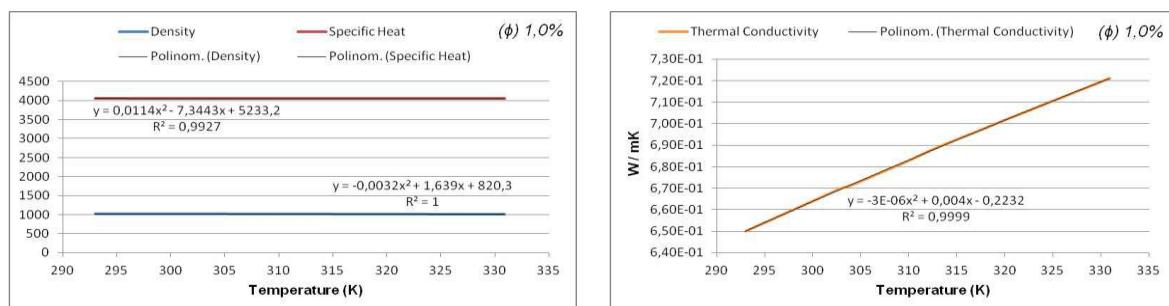


**Figure 5.** Equation Series of  $\text{Al}_2\text{O}_3$  nanofluid (0.5%)





**Figure 6.** Equation Series of  $\text{Al}_2\text{O}_3$  nanofluid (0.7%)



**Figure 7.** Equation Series of  $\text{Al}_2\text{O}_3$  nanofluid (1.0%)

The equation series of  $\text{Al}_2\text{O}_3$ /Water nanofluid with 0.5%, 0.7% and 1.0% volumetric concentration are demonstrated for density, specific heat, thermal conductivity and dynamic viscosity in Figure 5, 6 and 7. In the analysis, the following equations are used for the properties of the radiator fluid.

$$\text{Density (0.5\%)} \quad y = -0.0032x^2 + 1.6505x + 804.29 \quad (5)$$

$$\text{Specific Heat (0.5\%)} \quad y = 0.0115x^2 - 7.3632x + 5293.4 \quad (6)$$

$$\text{Thermal Conductivity (0.5\%)} \quad y = -5E-06x^2 + 0.006x - 0.7283 \quad (7)$$

$$\text{Dynamic Viscosity (0.5\%)} \quad y = 1E-07x^2 - 9E-05x + 0.0162 \quad (8)$$

$$\text{Density (0.7\%)} \quad y = -0.0032x^2 + 1.6443x + 810.96 \quad (9)$$

$$\text{Specific Heat (0.7\%)} \quad y = 0.0123x^2 - 7.8872x + 5351.3 \quad (10)$$

Thermal Conductivity (0.7%)  $y = -3E-06x^2 + 0.0033x - 0.1088$  (11)

Dynamic Viscosity (0.7%)  $y = 1E-07x^2 - 1E-04x + 0.018$  (12)

Density (1.0%)  $y = -0.0032x^2 + 1.639x + 820.3$  (13)

Specific Heat (1.0%)  $y = 0.0114x^2 - 7.3443x + 5233.2$  (14)

Thermal Conductivity (1.0%)  $y = -3E-06x^2 + 0.004x - 0.2232$  (15)

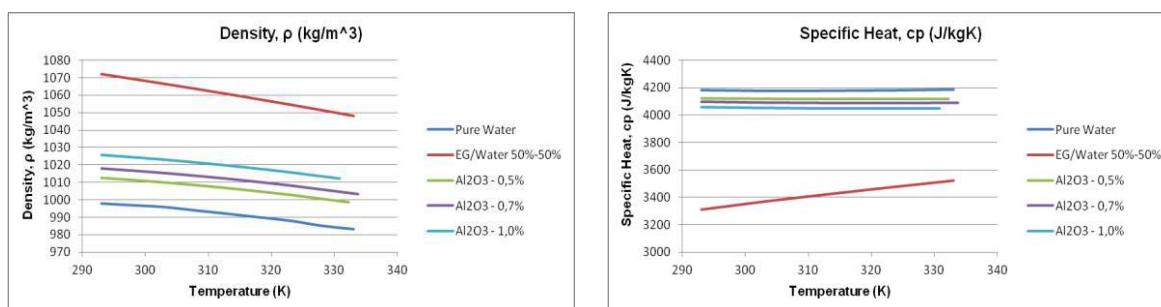
Dynamic Viscosity (1.0%)  $y = 1E-07x^2 - 1E-04x + 0.018$  (16)

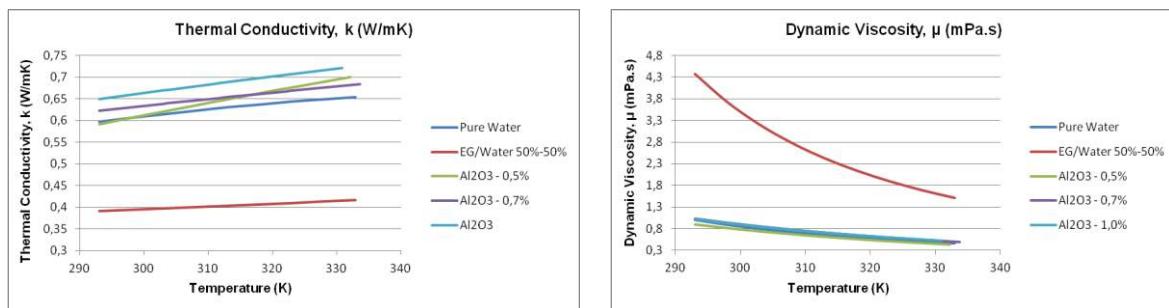
Pure water that used as a fluid in radiator has been compared with EG/Water (50%-50%) and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanofluid in analyses. The thermal properties of pure water is given in Table 6. And, equation series for pure water are generated from this datum.

**Table 6. Thermal Properties of Pure Water**

Temperature <i>T (K)</i>	Density <i>ρ (kg/m<sup>3</sup>)</i>	Specific Heat <i>c<sub>p</sub> (J/kgK)</i>	Thermal Conductivity <i>k (W/mK)</i>	Dynamic Viscosity <i>μ (mPa.s)</i>
293	998	4182	0.598	1.002
298	997	4180	0.607	0.891
303	996	4178	0.615	0.798
308	994	4178	0.623	0.72
313	992.1	4179	0.631	0.653
318	990.1	4180	0.637	0.596
323	988.1	4181	0.644	0.547
328	985.2	4183	0.649	0.504
333	983.3	4185	0.654	0.467

The thermal properties (density, specific heat, thermal conductivity and dynamic viscosity) of all fluids are compared in Figure 8.





**Figure 8.** The Thermal Properties of All Fluids

Equation series for pure water;

Density  $y = -0.004x^2 + 2.1325x + 717.89$  (17)

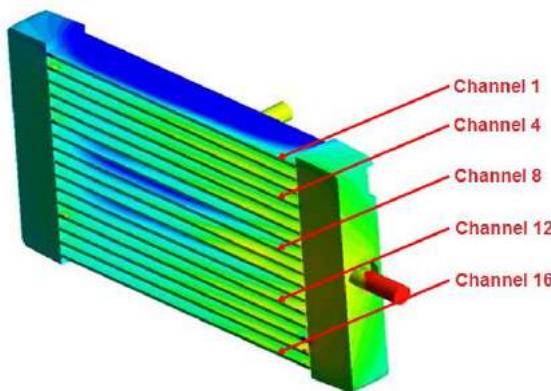
Specific Heat  $y = 0.0121x^2 - 7.4641x + 5331.7$  (18)

Thermal Conductivity  $y = -1E-05x^2 + 0.0086x - 0.9294$  (19)

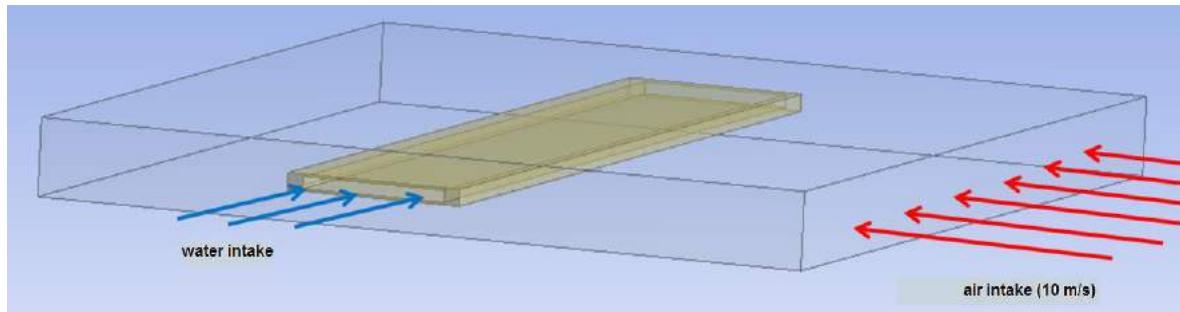
Dynamic Viscosity  $y = 0.0002x^2 - 0.1406x + 24.704$  (20)

### CFD Analysis

The previous analysis work was carried out on the complex radiator system. 23 million mesh were created for full datum due to both size of system and very thin structures in system. This mesh structure could not be resolved via existing computer. Therefore, instead of the complex radiator analysis, the channels 1, 4, 8, 12 and 16 from the top to the bottom with a different approach have been analyzed singularly. These channel are showed in Figure 9. In the analyzes, air flow has been applied through the channel perpendicular to the fluid passing through the channel. Simple geometry generated for singular channel is demonstrated in Figure 10.



**Figure 9.** Channels Examined in Radiator



**Figure 10.** Simple Geometry of Singular Channel

Pure water, EG/Water and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanofluid analyses have been conducted for each channel. Results of its have been given comparatively. The velocity of the air flowing through channel are selected as 10 m/s in order to compare different fluids in channel. The fluid inlet properties for each channel used in analyses are given in Table 7.

**Table 7. The Fluid Inlet Features for Each Channel**

Channels	Fluid Inlet Velocity (m/s)	Fluid Inlet Temperature (°C)
Channel 1	0.2	95
Channel 4	0.17	95
Channel 8	0.65	95
Channel 12	0.18	95
Channel 16	0.24	95

## Results

The average fluid pressure loss in the channel and the average heat transfer coefficient values at the channel surface are compared over simulations for each fluid type and for different channels. In Table 8 and 9 respectively, mean pressure loss values and heat transfer coefficient of channel surface for different fluids and channels are shown.

**Table 8. Pressure Drop Between Channel Inlet and Outlet (Pa)**

Fluids	Channel 1	Channel 4	Channel 8	Channel 12	Channel 16
Pure Water	392	346.881	250.0565	35.8694	48.18116
EG / Water (50% - 50%)	438.238	389.663	283.2927	40.28051	53.3787
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 0.5%	327.642	289.783	191.3948	29.9729	39.90329
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 0.7%	343.347	301.476	202.805	31.343815	41.72711
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 1%	344.027	302.999	203.5736	31.5	41.91119

**Table 9. Heat Transfer Coefficient of Channel Surface (W/m<sup>2</sup>k)**

Fluids	Channel 1	Channel 4	Channel 8	Channel 12	Channel 16
Pure Water	1977.1	1942.14	4407.77	1947.39	2101.12
EG / Water (50% - 50%)	1190.23	1181.05	2653.42	1180.22	1245.16
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 0.5%	3904.82	3761.7	8081.96	3797.65	4208.99



Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 0.7%	3348.34	3224.45	7114.37	3255.08	3618.4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 1%	4764.8	4592.26	9745.6	4635.41	5134

The mass flow rates obtained as a result of associating the volumetric flow values used in the analyzes with the density are given in Table 10 for each fluid.

**Table 10. Mass Flow Rate of Fluid (kg/s)**

Fluids	Channel 1	Channel 4	Channel 8	Channel 12	Channel 16
Pure Water	0.0213	0.0181	0.06922	0.01917	0.02556
EG / Water (50% - 50%)	0.02254	0.01916	0.07326	0.02029	0.02705
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 0.5%	0.02167	0.01842	0.07042	0.0195	0.026
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 0.7%	0.02178	0.01851	0.07078	0.0196	0.02613
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 1%	0.02194	0.01865	0.07132	0.01975	0.02633

The importance of the use of nanofluids in terms of thermal functions is to be associated with the total energy-heat transfer level. On the other hand, one of the effective parameters on the total heat transfer-cooling level to which the fluid will be exposed is the specific heat ( $C_p$ ) value of the fluid. The specific heat value also changes depending on the type of fluid. In this case, it would be appropriate to present the thermal results of the nanofluid application with both the cooling amount ( $^{\circ}C$ ) and the cooling load ( $W$ ). The channel-based cooling levels obtained using different fluids are shown in Table 11. The cooling load ( $W$ ) values given in Table 12 demonstrate that the use of nanofluids improves the cooling performance.

**Table 11. Cooling Amount of Fluid ( $^{\circ}C$ )**

Fluids	Channel 1	Channel 4	Channel 8	Channel 12	Channel 16
Pure Water	0.809	1.141	0.144	0.983	0.627
EG / Water (50% - 50%)	0.847	1.175	0.168	1.007	0.681
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 0.5%	0.914	1.237	0.149	1.087	0.675
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 0.7%	0.922	1.205	0.149	1.091	0.649
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 1%	0.912	1.215	0.151	1.101	0.656

**Table 12. Cooling Load of Fluid (W)**

Fluids	Channel 1	Channel 4	Channel 8	Channel 12	Channel 16
Pure Water	72.11	86.45	41.72	78.86	67.07
EG / Water (50% - 50%)	67.2	79.24	43.32	71.9	64.83
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 0.5%	81.56	93.83	43.21	87.3	72.28
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 0.7%	82.14	91.25	43.14	87.48	69.38
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 1%	81	91.72	43.59	88.01	69.91

## CONCLUSION



As a result of analyses, the pressure drop in channels of radiator has been calculated. For all liquids, channel 1 has the greatest pressure loss, while channel 12 has the smallest pressure loss. In channel 1, EG/Water (50%-50%) fluid has the greatest value with 438.238 Pa, and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0.5% nanofluid has the smallest value with 327.642. Application of nanofluid with 0,5% need less pumping power with comparing to other fluids.

Heat transfer coefficient on the cooling systems is wanted to be increased for better cooling performance. In these analyses, It has been found that the most effective heat conductivity is obtained by using nanofluid with 1.0%. The heat transfer coefficient is 9745.6 W/m<sup>2</sup>K in channel 8. Among channels in radiator model, channel 8 has the greatest heat transfer coefficients.

The cooling load of fluid flowing in channels of radiator has been analyzed each fluid and each channel. Channel 4 has the greatest cooling load for same fluid. And in channel 4, when all fluids compare, it is seen that Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0.5% nanofluid has been provided the best cooling load capacity with 93.83 W value. The most ineffective fluid in terms of the cooling load is pure water with 41.72 W in channels of radiator.

#### ACKNOWLEDGMENT

This project was supported by "The Scientific and Technological Research Council Of Turkey" (TUBITAK 1505, Project No. 5140013) and Kale Oto Radyatör Sanayi ve Ticaret A.Ş. The authors gratefully acknowledge the financial supports from TUBITAK and Kale Oto Radyatör.

#### REFERENCES

- Ahmed, M.A., Shuaib, N.H., Yusof, M.Z., & Al-Falahi, A.H. (2011). Numerical investigations of flow and heat transfer enhancement in a corrugated channel using nanofluid. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 38, 1368-1375.
- Ali, H.M., Ali, H., Liaquat, H., Maqsood, H.T.B., & Nadir, M.A. (2015). Experimental investigation of convective heat transfer augmentation for car radiator using ZnO-water nanofluids. *Energy*, 84, 317-324.
- Aydogan, O. (2009). Cooling performance investigation of nanofluids for internal combustion engine systems (Master dissertation). Council of Higher Education, Thesis Centre. (325600)
- Bhimani, V.L., Rathod, P.P., & Sorathiya, A.S. (2013). Experimental study of heat transfer enhancement using water based nanofluids as a new coolant for car radiators. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 3, 295-302.
- Bhogare, R.A., & Kothawale, B.S. (2014). Performance investigation of automobile radiator operated with Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> based nanofluid. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 11, 23-30.
- Delavari, V., & Hashemabadi, S.H. (2014). CFD simulation of heat transfer enhancement of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/water and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ethylene glycol nanofluids in a car radiator. *Applied Thermal Engineering*, 73, 380-390.



- Huminic, G., & Huminic, A. (2013). Numerical analysis of laminar flow heat transfer of nanofluids in a flattened tube. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 44, 52-57.
- Hussein, A.M., Bakar, R.A., & Kadirgama, K. (2014). Study of forced convection nanofluid heat transfer in the automotive cooling system. *Case Studies in Thermal Engineering*, 2, 50-61.
- Hussein, A.M., Bakar, R.A., Kadirgama, K., & Sharma K.V. (2014). Heat transfer enhancement using nanofluids in an automotive cooling system. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 53, 195-202.
- Hussein, A.M., Bakar, R.A., Kadirgama, K., & Sharma K.V. (2014). Heat transfer augmentation of a car radiator using nanofluids. *Heat Mass Transfer*, 50, 1553-1561.
- Leong, K.Y., Saidur, R., Kazi, S.N., & Mamun, A.H. (2010). Performance investigation of an automotive car radiator operated with nanofluid-based coolants (nanofluid as a coolant in a radiator). *Applied Thermal Engineering*, 30, 2685-2692.
- Naraki, M., Peyghambarzadeh, S.M., Hashemabadi, S.H., & Vermahmoudi, Y. (2013). Parametric study of overall heat transfer coefficient of Cu/water nanofluids in a car radiators. *International Journal of Thermal Sciences*, 66, 82-90.
- Nieh, H.M., Teng, T.P., & Yu, C.C. (2014). Enhanced heat dissipation of a radiator using oxide nano-coolant. *International Journal of Thermal Sciences*, 77, 252-261.
- Oliet, C., Oliva, A., Castro, J., & Perez-Segarra, C.D. (2007). Parametric studies on automotive radiators. *Applied Thermal Engineering*, 27, 2033-2043.
- Peyghambarzadeh, S.M., Hashemabadi, S.H., Hoseini, S.M., & Jamnani, M.S. (2011). Experimental study of heat transfer enhancement using water/ethylene glycol based nanofluids as a new coolant for car radiators. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 38, 1283-1290.
- Peyghambarzadeh, S.M., Hashemabadi, Naraki, M. & Vermahmoudi, Y. (2013). Experimental study of overall heat transfer coefficient in the application of dilute nanofluids in the car radiator. *Applied Thermal Engineering*, 52, 8-16.
- Peyghambarzadeh, S.M., Hashemabadi, Jamnani, M.S., & Hoseini, S.M. (2011). Improving the cooling system performance of automobile radiator with Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/water nanofluid. *Applied Thermal Engineering*, 31, 1833-1838.
- Sankar, B.R. (2012). Experimental investigations on the performance of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/water nanofluid as radiator coolant in an automobile engine (Doctoral dissertation).
- Tham, L., Nazar, R., & Pop, I. (2010). Mixed convection boundary layer flow from a horizontal circular cylinder in a nanofluid. *International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow*, 22, 576-606.



## ENERGY EFFICIENCY STUDIES IN THE PRODUCTION OF THE CERAMIC TILE MATERIALS IN TURKEY

Muharrem EYIDOGAN

Department of Energy Systems Engineering, Faculty of Technology, Kocaeli University  
[muharrem\\_eyidogan@hotmail.com](mailto:muharrem_eyidogan@hotmail.com)

Fatma CANKA KILIC

Department of Electrical and Energy Technologies, Kocaeli Vocational School, Kocaeli University  
[fatmacanka@hotmail.com](mailto:fatmacanka@hotmail.com)

Mufit YUCE

Department of Energy Systems Engineering, Faculty of Technology, Kocaeli University  
[mufityc@gmail.com](mailto:mufityc@gmail.com)

Durmus KAYA

Department of Energy Systems Engineering, Faculty of Technology, Kocaeli University  
[durmuskaya@hotmail.com](mailto:durmuskaya@hotmail.com)

**ABSTRACT:** Ceramic Tile Materials (CTM) is one of the sectors that consume intense energy due to its mineralogical processes. Because of the high labor and energy costs in production, some example studies and researches have been done to increase energy efficiency in the sector and the projects that made for energy efficiency have been compared according to the data taken from different businesses. The general production scheme in the production of CTM consists of four basic stages. These steps are; the preparation of the raw material, shaping, drying and baking.

In this study, some studies have been conducted to increase the energy efficiency in the production stages of Ceramic Tile Materials (CTM) and the effects of the technologies used in the CTM industry on the energy efficiency have been investigated in Turkey. Also, studies on waste heat recovery in spray drier (dryer), drying and baking furnaces have been dealt with carefully. The most common problems and their solutions in the applications of waste heat recovery from the exhaust gases of the baking furnace by using a recuperator have been examined. The technologies that used to keep the air-fuel ratio constant in the baking furnaces and the effects of these technologies on the optimization of fuel consumptions have also been researched.

**Key words:** ceramic tile materials, energy efficiency, energy saving, ceramic industry technologies, Turkey.



## ENERGY EFFICIENCY STUDIES IN CERAMIC SANITARY WARE INDUSTRY IN TURKEY

Fatma CANKA KILIC

Department of Electrical and Energy Technologies, Kocaeli Vocational School, Kocaeli University

fatmacanka@hotmail.com

Muharrem EYIDOGAN

Department of Energy Systems Engineering, Faculty of Technology, Kocaeli University

muharrem\_eyidogan@hotmail.com

Mufit YUCE

Department of Energy Systems Engineering, Faculty of Technology, Kocaeli University

mufityc@gmail.com

Ecem UZUN

Department of Energy Systems Engineering, Faculty of Technology, Kocaeli University

ecem-uzun@hotmail.com

**ABSTRACT:** Ceramic Sanitary Ware (CSW) industry is one of the most labor-intensive sectors which necessitates high energy efficiency and advanced technologies in the production due to its labor and energy costs. Increasing quality and productivity are very important strategies for sustainable growth and competitiveness by complying with the strategy document and action plan of the CSW sector in Turkey.

In this study, some crucial studies have been carried out to investigate energy efficiency in the Ceramics Sanitary Ware industry and the effects of the technologies used in the CSW industry on increasing energy efficiency in Turkey. In order to reduce costs, the waste heat recovery from the exhaust gases of the kiln (tunnel) by using economizer and recuperator in the production stage and the problems encountered in such applications are also examined.

**Key words:** ceramic sanitary ware, energy efficiency, energy management, production technologies



## RENEWABLE ENERGY SOURCES GENERAL STATUS AND ASSESSMENT OF CO<sub>2</sub> EMISSION IN TURKEY

Fatih Selim BAYRAKTAR

Simav Technology Faculty, Dumlupınar University, Kütahya, Turkey,  
[fatih.bayraktar@dpu.edu.tr](mailto:fatih.bayraktar@dpu.edu.tr)

Mesut YAZICI<sup>a</sup>, Ramazan KÖSE<sup>b</sup>, M. Arif ÖZGÜR<sup>b</sup>, Onur KOŞAR<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Simav Technology Faculty, Dumlupınar University, Kütahya, Turkey

<sup>b</sup>Faculty of Engineering, Dumlupınar University, Kütahya, Turkey

[mesut.yazici@dpu.edu.tr](mailto:mesut.yazici@dpu.edu.tr),[ramazan.kose@dpu.edu.tr](mailto:ramazan.kose@dpu.edu.tr),[arif.ozgur@dpu.edu.tr](mailto:arif.ozgur@dpu.edu.tr),[onur.kosar@dpu.edu.tr](mailto:onur.kosar@dpu.edu.tr)

**ABSTRACT:** Renewable energy market in Turkey has been supported by enacting to “Renewable Energy Law” (YEK) with no:5346, YEKDEM and YEKA regulations since 2005. These legal regulations led to increase electricity generation from renewable energy sources. Furthermore, Turkey took sides to Kyoto Protocol in 2009 and then signed Paris Climate Agreement in 2016. Therefore, Turkey has committed to take precautions to reduce carbon emissions. In this study, Turkey’s renewable energy potential, variation of the installation power capacity and tendency of the greenhouse gas emission between 2005 and 2015 are investigated in detail. According to results, while share of renewable energy sources was 24.6% within total electricity generation in Turkey in 2005, this share reached 32% in 2015. In contrast, CO<sub>2</sub> emission value was 263.9 million tons in 2005 reached 383.4 million tons in 2015.

**Key words:** renewable energy potential, CO<sub>2</sub> emission, legislations, Turkey

### INTRODUCTION

Turkey have showed growth trend in terms of economical, industrial and population by many years. According to OECD (OECD, 2017a; (OECD, 2017b) and TÜİK (TÜİK, 2016), annual development rate, gross domestic product and population of Turkey were about 3.07%, 24,636 US\$/capita and 79.814 million in 2016 respectively. Turkey must provide energy supply security to improve this growth trend. According to International Energy Agency (IEA), Turkey’s total primary energy supply was about 129.7 Mtoe and 87% of this provided from fossil sources (IEA, 2016). Moreover, electricity generation was about 259.7 TW and 68% of this was provided from fossil fuels.

Such dependence to fossil sources brings environmental disadvantages together. According to OECD, greenhouse gas emissions of Turkey rose from 2.54 CO<sub>2</sub> tones/capita to 4.01 tones/capita between 1995 and 2014 (OECD, 2017c). Turkey signed Paris Climate Agreement in 2016 and committed to reduce the greenhouse gas emission up to 21% with employing more environment friendly precautions. In this point, Turkey enacted the Renewable Energy Law (Law no: 5346) in 2005 to take more benefit from renewable energy sources. Therefore, power generation share from renewable energy sources was aimed to increase without breaking free market conditions (Simsek and Simsek, 2013). This law was regulated twice in 2010 and 2011. While, the first regulation related to supporting and licensing of renewable energy sources, the second regulation concerned



with domestic manufacturing of the components of renewable power plants (Basaran et al., 2015).

Besides this law and regulation, many scientific studies have been carried out to determine Turkey's renewable energy potential since 2005 (Toklu, 2013; Erdil and Erbiyik, 2015; Keles and Bilgen, 2012; Baris and Kucukali, 2012; Capik et al., 2012; Kotcioglu, 2011; Benli, 2013). Ozgur (2008) analyzed installed renewable energy capacity and fossil fuel based CO<sub>2</sub> emissions of Turkey and the world until 2005. Installed capacity of renewable energy resources was 12,946.5 MW in 2005 and it reached to 31,244 MW in 2015. Positive effect of YEK (Law No. 5346) provides an increase of 141.3% (Table 4). In this study, improvements renewable energy status of global and Turkey between 2005 and 2015 are presented. Moreover, variation of CO<sub>2</sub> emission since 2005 are compiled.

## GLOBAL RENEWABLE ENERGY DEVELOPMENT

Increasing dependency on fossil sources and greenhouse gas emissions have led the tendency for renewable energy sources. Table 1 presents the global renewable energy change between 2005 and 2015 (REN21, 2016). While global renewable energy installation capacity was 934.4 GW in 2005, this value reached 1,848.53 GW in end of 2015. For ten years, there was an increase of approximately 100%. According to Table 1, the highest rate of change in energy resources was realized in the PV with a growth rate of 7545.1%. The installed capacity of 3.1 GW at the end of 2005 reached 227 GW by the end of 2015. Moreover, solar thermal energy capacity reached to 4.8 GW with increasing about 4.4 GW and solar hot water capacity became 435 GW<sub>th</sub>. Area of solar thermal collectors was increased from 125 million m<sup>2</sup> to 622 million m<sup>2</sup>. Wind power installation capacity was improved from 59 GW to 374 GW between 2005 and 2015. Geothermal energy installed capacity reached to 13.2 GW with an increasing about 41.9% at the end of 2015. Turkey (159 MW) had more than half of the installed geothermal energy plant power (316 MW) around world in 2015.

According to BP (BP, 2017), in renewable energy development except for hydropower, OECD countries demonstrate a growth of 13.9% as average, while growth rates of non-OECD countries and EU countries are 23.4% and 14.8%, respectively. Romania had the most development rate with 109.1%. Moreover, Turkey, China and U.S demonstrated a development about 51%, 44.1% and 13.2%.

**Table 1. Comparing to Global Renewable Energy Installed Capacity Between 2005-2015**

	2005	2015	2005-2016	Rate (%)
<b>Power Generation</b>				
Hydro	816 GW	1064 GW	248 GW	34.1
Wind	59 GW	433 GW	374 GW	633.9
Biomass	44 GW	106 GW	62 GW	140.9
Geothermal	GW	13.2 GW	3.9 GW	41.9
Solar (PV)	5.4 GW	227 GW	223.9 GW	7545.1
Solar (Thermal)	0.4 GW	4.8 GW	4.4 GW	1100
Tidal	0.3 GW	0.53 GW	0.23 GW	76.6
Heating	220 GW <sub>th</sub>	315 GW <sub>th</sub>	95 GW <sub>th</sub>	47.5



Biomass Heating	88 GW <sub>th</sub>	435 GW <sub>th</sub>	347 GW <sub>th</sub>	394.3
Solar hot water	125 million m <sup>2</sup>	622 million m <sup>2</sup>	497 million m <sup>2</sup>	397.6
Transportation fuels				197.8
Ethanol Generation (billion liter/year)	33	98.3	65.3	671.8
Biodiesel Generation (billion liter/year)	3.9	30.1	26.2	

## TURKEY GENERAL ENERGY STATUS

Turkey have provided its increasing energy demand mainly from fossil fuels. Table 2 presents change of Turkey's primary energy supply for between 2005 and 2015 (EİGM, 2015). Total primary energy supply was 88,772 thousand toes in 2005, while it became 129,267 thousand toes with a development about of 45.6% in 2015. According to fossil sources, primary energy supplies were oil (32,199 thousand toe), natural gas (22,416 thousand toe), hard coal (12,514 thousand toe), lignite (9,227 thousand toe) in 2005, while this became natural gas (39,651 thousand toe), oil (36,516 thousand toe), hard coal (22,326 thousand toe), and lignite (11,616 thousand toe) in 2015. Between 2005 and 2015, natural gas had become the primary source, with an increasing about 76.8%. Moreover, usage of the hard coal showed a development about 78.4% and so protected its significance in Turkey's primary energy supply.

Although there was an increase in usage of renewable energy sources within primary energy supply, it had not reached to level of developed countries. In this period, primary energy supply of renewable energy sources occurred as hydro (2373 thousand toe), biomass and waste (1,785 thousand toe), geothermal (3,798 thousand toe), solar (443 thousand toe) and wind (997 thousand toe), respectively. Changing in this period demonstrated us that renewable energy sources gain popularity.

Share of the fossil sources such as oil, natural gas, coal etc. was bigger than the renewable energy sources in Turkey's primary energy supply, but majority of these sources had been imported. According to Energy Market Regulatory Authority (EMRA), Turkey imported natural gas about 48.4 billion Sm<sup>3</sup> in 2015 (EPDK, 2015). While natural gas importation amount was 26.5 billion Sm<sup>3</sup> in 2005, so there was an increase about 82.2%. Turkey increased natural gas imports to compensate the increased demand.7 billion Sm<sup>3</sup> of imported natural gas (%55.3) was provided from Russia. Moreover, LNG was imported about 7.6 billion Sm<sup>3</sup> in 2015.

**Table 2. Change of Turkey's Primary Energy Supply According to Sources between 2005-2015 (Thousand TOE)**

	2005	2010	2013	2014	2015
Hard Coal	12514	15804	18290	20199	22326
Lignite	9227	14543	11504	12702	11616
Asphaltites	317	505	370	372	499
Coke	305	117	258	234	299
Petroleum Coke	1670	2144	3011	3174	2986
Wood	4146	3392	2256	2162	-
Oil	32199	29794	32130	31625	36516



Natural Gas	22416	31456	37628	40201	39651
Hydro	3402	4454	5110	3495	5775
Geothermal	1007	1965	2636	3524	4805
Wind	5	251	650	733	1002
Solar	385	432	795	803	828
Biomass and wastes	1179	1097	1143	1084	2964
<b>Total</b>	<b>88772</b>	<b>105954</b>	<b>115781</b>	<b>120747</b>	<b>129267</b>

**Table 3. Renewable Energy Potentials of Turkey According to Sources**

Sources	Using Type of Energy	Natural Potential	Technical Potential	Economic Potential
Wind Energy				
On-shore	Electricity (TWh/year)	400	110	50
Off-shore	Electricity (TWh/year)	-	180	-
Solar Energy	Electricity (TWh/year)	977,000	6105	305
	Heating (Mtoe/year)	80,000	500	25
Hydro Energy	Electricity (TWh/year)	433	216	127.4
Geothermal	Electricity (TWh/year)	-	-	1.4
Energy	Heating (MW <sub>th</sub> )	31,500	7500	2843
	Fuel (classic) (Mtoe/year)	30	10	7
Biomass Energy	Fuel (modern) (Mtoe/year)	90	40	25
	Electricity (TWh/year)	150	18	-
Sea Wave Energy				

## RENEWABLE ENERGY STATUS OF TURKEY

Turkey's primary energy supply is 87% dependent on fossil resources and importing most of these resources threaten energy supply security. Consequently, consumption of these sources increases CO<sub>2</sub> emission into atmosphere and leads to global warming. Usage of the renewable energy sources is a vital precaution to reduce CO<sub>2</sub> emissions (Zeng et al., 2017). At this point, Turkey became party to Kyoto Protocol to struggle with climate changing in 2009. In addition, Turkey signed Paris Climate Agreement in 2016, so Turkey declared that it's green gas emission will have decrease up to 21% between 2020 and 2030. Up to these dates, negotiations on technology, capacity building and financial support have been positive (ETKB, 2017). Turkey wants to increase share of renewable energy source in energy supply to reduce green gas emission.

Turkey has affluent renewable energy sources. Commissioning of these sources can demonstrate that Turkey has used to the most effective a way to cleaner and a sustainable energy generation (Kok and Benli, 2017). Table 3 presents Turkey's renewable energy potential (Benli, 2016). Turkey's two of biggest technical potential in electricity generation with 6105 TWh / year in solar energy and 216 TWh/year in hydropower, respectively. Although technical potential of Turkey's off-shore wind energy (180 TWh/year) more abundant than on-shore technical potential (110 TWh/year), there is no off-shore wind installed capacity in Turkey. Technical potential of Turkey's heating energy from renewable energy sources is 7500 MW<sub>th</sub>. According to REN21 2016 report (REN21, 2016), directly using capacity of geothermal energy is 2.9 GW<sub>th</sub>. Heating generation



technical potential from solar energy is 500 Mtoe. According to REN21 2016 report, capacity about 1.467 GW<sub>th</sub> in 2015 was added heating generation capacity to be about 12.7 GW<sub>th</sub> at the end 2014

**Table 4. Turkey's Installation Capacity and Generation Values According to Renewable Energy Sources Between 2005 and 2015**

Years	Installation Capacity (MW)						Electricity Generation (GWh)					
	Hydro	Wind	Geotherm	Solar	Biomass	Rate of R.E.	Hydro	Wind	Geothermal	Solar	Biomass	Rate of R.E.
2005	12906	20	15	-	35	%33.4	3956	59	94	-	122	%24.6
2006	13418	59	*	-	41		1	127	-	-	154	%18.9
2007	13829	146	*	-	*	%34.1	4433	355	-	-	214	%17.2
2008	14553	364	30	-	60	%34.6	8	847	162	-	220	%19.4
2009	15832	792	77	-	82	%35	3600	1495	436	-	340	%26.2
2010	17137	132	94	-	107	%36.1	7	2916	668	-	458	%25.1
2011	19609	0	114	-	126	%38.9	3327	4724	694	-	469	%26.9
2012	22289	172	162	-	168	%39.9	0	5861	899	-	721	%28.4
2013	23643	9	311	-	235	%40.3	3595	7558	1364	17	1171	%20.3
2014	25868	226	405	40	299	%43.2	9	8250	2364	194	1433	%31.4
2015	1	624		249	370		5179	1165	3425		1758	
2016	276						6	3				
2017	0						5233					
2018	363						9					
2019	0						5786					
2020	450						5					
2021	3						5942					
2022	0						0					
2023	4064						4064					
2024	5						5					
2025	6714						6714					
2026	6						6					

### Biomass Energy

Biomass is attained both directly from plants and indirectly from industrial, domestic, agricultural and animal wastes (Erdogdu, 2008). Agriculture and animal husbandry applied intensely in Turkey. From this perspective, Turkey has rich biomass potential (Bilgen et al., 2015). Table 3 shows that Turkey's classical biomass technical potential is 10 Mtoe/year, but economical value is just 7 Mtoe/year of this potential. In case of using modern biomass potential, there is economic value about 25 Mtoe/year of technical potential about 40 Mtoe/year. So, an advantage about 18 mtep/year have occurred. According to EUAS 2015 sector report, Turkey has a potential about 20 Mtoe/year (EÜAŞ, 2015). Ozturk et al. (2017) have classified biomass energy to waste, forest production and energy plant in terms of source. General Directorate of Renewable Energy (GDRE) divided biomass into 3 main category such as animal, agricultural and urban waste in terms of source (YEGM, 2017a). Table 5 shows amount and energy values of Turkey's biomass potential according to waste type (YEGM, 2017a). Turkey's annual total biomass amount is 328.81 mtons: Animal waste (142.44 mtons), agricultural waste (156.76 mtons) and urban waste (29.61 mtons). Energy equivalent of given these amounts for animal, agricultural and urban waste are 15.94 Mtoe, 1.32 Mtoe and 2.18 Mtoe, respectively.

**Table 5. According to Waste Types, Biomass Potential of Turkey**



	Animal Wastes	Agricultural Wastes	Urban Wastes
Amount (mtons/year)	142.44	156.76	29.61
Energy Equivalent (MTOE/year)	15.94	1.32	2.18
Energy Equivalent (PJ/year)	667.43	55.42	91.53

Energy from urban waste has been attained especially with attempting of municipalities in Turkey in recent years. Installed capacity increasing as cumulative and electricity generation amount Turkey's biomass is given in Table 4. According to Table 4, While 122 GWh/year was taken a contribution from installed capacity of 35 MW in 2005, installed capacity reached 107 MW by increasing 3 times in 2010 and electricity generation became 458 GWh/year. Then, installed capacity became 370 MW and electricity generation rose 1758 GWh/year by increasing nearly more than 3 times than installed capacity of 2010 at the end of 2015. 335 MW was added to installed capacity between 2005 and 2015 years.

### Hydraulic Energy

Hydropower used in Turkey for long years. In 2005, hydroelectric power constituted 1/3 of total installed capacity with 12906 MW and generated almost 1/4 of the electricity production with 39561 GWh. Table 6 shows information about hydropower power plant (HPP) in Turkey (DSİ, 2015). The number of HPP in operation is 141 in 2005 (Ozgur, 2008), while this amount reached 562 at the end of 2015, with growth of approximately 4 times (DSİ, 2015). In addition, the total number of HEPPs belonging to DSİ was 53 in 2005 and 141 in 2015. According to data in Table 6, at the end of 2015, total installed capacity and average annual electricity generation of HPP in operation are 26,161 MW and 90,773 GWh, respectively. On the other hand, installed capacity and electricity generation of private sector are 11,459 MW and 39,000 GWh, respectively.

Although Turkey's gross theoretic potential is 433 billion kWh, 216 billion kWh of this potential is appropriate as technical. Moreover, just about 140 billion kWh of this potential can be evaluated as economical (DSİ, 2015). As can be seen in Table 3, While Turkey's hydropower economic potential is 127.4 TWh/year (Benli, 2016), According to activity report of DSİ for 2015, this potential shared as 158 TWh/year and it is estimated that Turkey's hydropower economic potential will become 180 TWh/year with upcoming projects.

**Table 6. Turkey' HPP Status in 2015**

	The number of HPP		Installed Capacity (MW)		Average Annual Generation (GWh)	
	Total	Private sector	Total	Private sector	Total	Private sector
Operation	562	421	26,161	11,459	90,773	39,000
Construction stage	104	100	5,927	3,987	17,875	11,687
Planning	717	635	13,984	12,400	48,911	43,488
Total	1383	1156	46,072	27,846	157,559	94,175

Turkey's fresh water reserves have been divided into 25 river basins and almost all of the country's hydropower potential is distributed into 14 river basins (Melikoglu, 2013). 28% and %8 of Turkey's hydropower potential locate in Southern east region and Black Sea

Region, respectively (Yuksek, 2008). As showing at Figure 1, gross economic potential of Fırat and Dicle river, which locate in East Anatolian Region, are 54.96 TWh/year (Yuksel, 2010). Total installed capacity of Atatürk HPP (2405 MW), Karakaya HPP (1800 MW) and Keban HPP (1330 MW) located on Fırat river is 6396 MW and these HEP's annual generation is 21880 GWh. Whereas HPP's total installed capacity on Dicle river is 1,645 MW. In the meantime, 1200 MW capacity will be added with commissioning of İlisu HPP soon. Total installation capacity of Çoruh basin which has third big economic potential is 1,758 MW and it is planed that this basin's total installation capacity achieves to 2,602 MW.

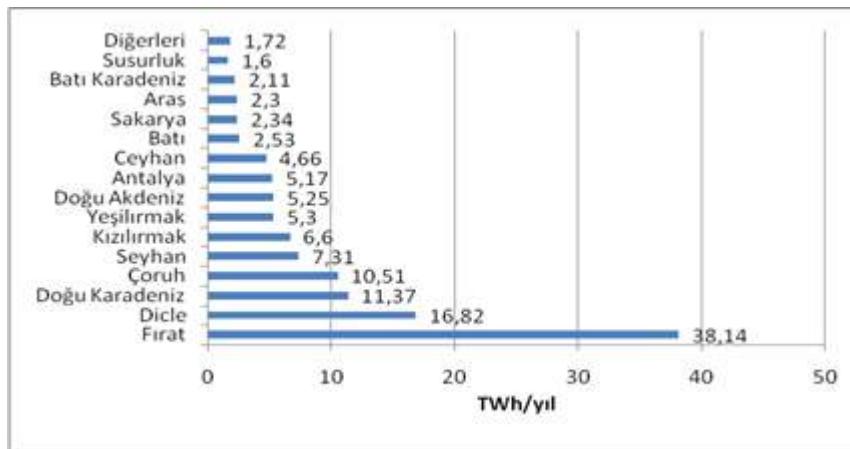
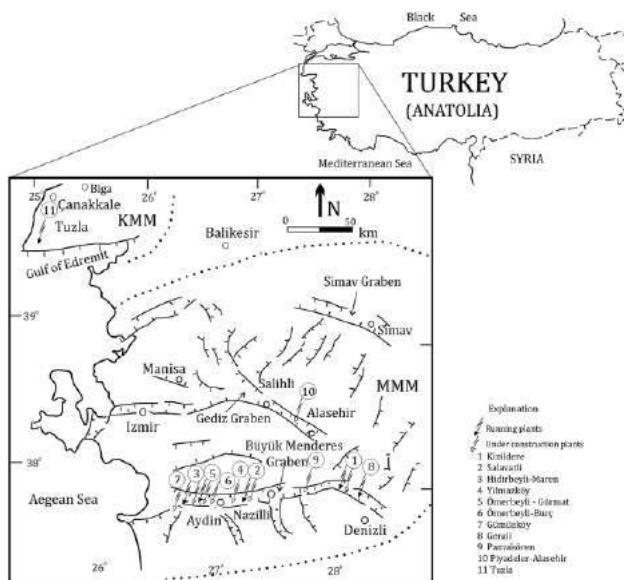


Figure 4. Economic Potential of River in Turkey (TWh/year)

## Geothermal Energy

Geothermal energy is the energy contained as heat in the Earth's interior that can be used continuously for heating and electricity generation. (Erdogdu, 2009). Nowadays, Turkey benefits from this energy source as both heat and electricity production. As seen in Table 3, Turkey's economic potential of geothermal energy production is 1.4 TWh / year. Overall potential of heat production is 31,500 MW<sub>th</sub>, technical potential 7500 MW<sub>th</sub> and economic potential 2843 MW<sub>th</sub>. 79% of the geothermal potential of our country is in Western Anatolia, 8.5% in Central Anatolia, 7.5% in Marmara, 4.5% in Eastern Anatolia and the rest are in other regions. (ETKB, 2017). Turkey's geothermal energy applicable areas for electricity generation seems to be clustered in Western Anatolia, as seen in Figure 2. (Aksoy, 2014). Installed capacity of the most important geothermal fields in 2016 in the region are; Aydin-Germencik (340 MW), Manisa-Alaşehir (142 MW), Denizli-Kızıldere (Sarayköy) (131 MW), Aydin-Pamukören (113 MW), Aydin-Salavatlı (68 MW) and others (67 MW). In the Ozgur (2008) study, the 2005 installed capacity of geothermal power plants is given as 28.3 MW<sub>e</sub>. As seen in Table 4, at the end of 2015, the JES installed capacity reached 624 MW. During this 10-year period, a power of 595.7 MW was added to the system.



**Figure 5. Turkey's Electricity Production Applicable Geothermal Fields**

Mineral Research and Exploration (MTA) started geothermal exploration studies in Turkey in the early 1960s (Kose, 2007). Total excavation length and obtained heat capacities performed by the MTA are shown in Table 7. (MTA, 2017). According to this table, excavations made up to 2005 reached 169963.2 m length and reached to 357000 m in 2015. An increase of 110.3% has been achieved in the amount of meters excavated in the last 10 years compared to 2005. The thermal capacity increased from 2926,1 MW<sub>th</sub> to 4312,9 MW<sub>th</sub> with excavations since 2005.

**Table 7. Comparing Excavation Length and Heat Capacities Achieved by MTA Between 2005-2015**

	2005	2010	2013	2014	2015
Excavation (m)	169,693.2	247,995.4	330,184.9	340,475.6	357,000
Heat Capacity (MW <sub>th</sub> )	2926.1	3920	4263.1	4282.9	4312.9

Turkey has a place among the first seven countries in the world in the abundance of geothermal resources (Komurcu, 2009). Out of Turkey's total geothermal potential, around 95% is appropriate for thermal use (temperature less than 150°C) and the remainder for electricity production (temperature more than 150°C) (Kecebas, 2013). In Kecebas's study (2013), the geothermal heat production potential of Turkey is 38 MW<sub>th</sub> (538.5 TJ / year) for geothermal heat pump applications, 219 MW<sub>th</sub> (2417 TJ / year) for individual volume heating, 792 MW<sub>th</sub> (7386.4 TJ / year) for city heating, 483 MW<sub>th</sub> for greenhouse heating, 552 MW<sub>th</sub> (17,408 TJ / year) for swimming and bath applications and in total 2084 MW<sub>th</sub> (36,885.9 TJ / year). As of the end of 2016, 114,567 houses and 3,931 greenhouses are being heated with geothermal heat in Turkey (ETKB, 2017a).

## Wave Energy

In the seas, energy is produced by utilizing the waves generated by the winds (ETBK, 2017b). With the continuous and regular blowing of the winds, they constantly generate waves in the seas around the world (YEGM, 2017b). Energy can be obtained from waves occurring in seas by many methods. The fact that the three sides of Turkey are surrounded

by the sea gives an advantage to the emergence of this energy source. As seen in Table 3, Turkey's wave energy has 150 TWh / year total potential and 18 TWh / year technical potential. There is no sea wave energy installed capacity of our country.

## Solar Energy

Solar energy has less harmful effects than other energy production systems on the environment, and it is abundant, easily available and one of the safest form of the sustainable energy production systems (Ozturk and Yuksel, 2016). Turkey, lying in the sunny belt between 36°N and 42°N latitude, is in a relatively advantageous geographical location for solar energy (Stritih et al., 2013). According to the information in Table 3, Turkey's total, technical and economic potentials of electricity generation from solar energy are 977,000 TWh / year, 6105 TWh / year and 305 TWh / year, respectively. Heat production potential is 80,000 mtep / year with total potential, 500 mtep / year technical potential and 25 mtep / year with economical potential.

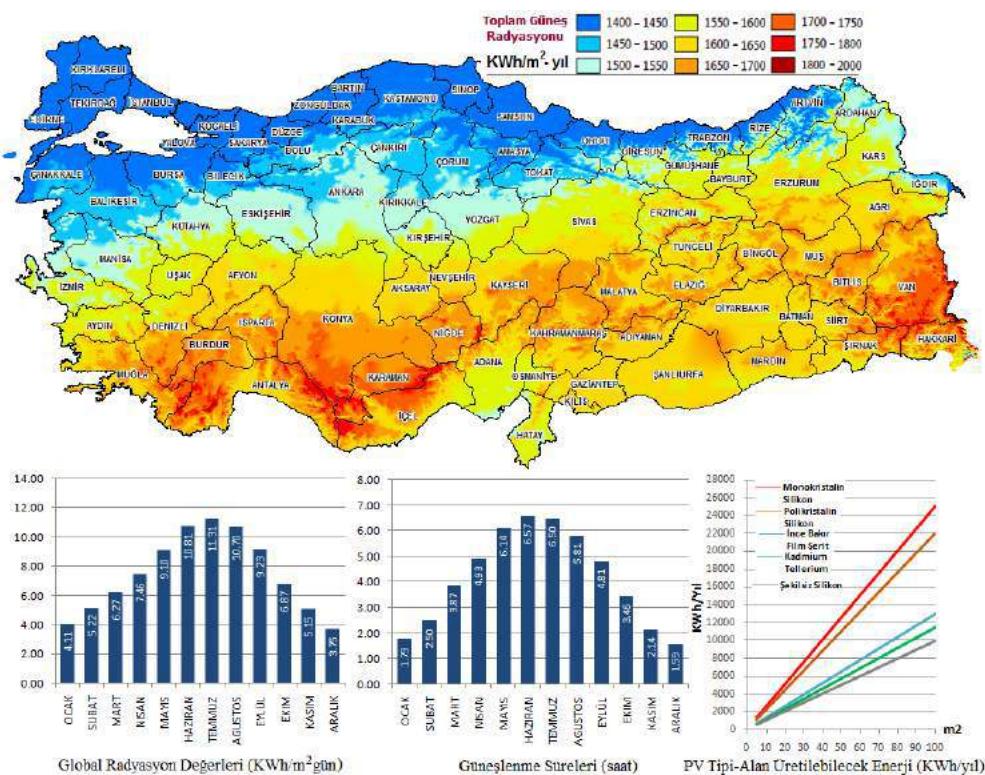


Figure 6. Turkey's Solar Energy Potential Data

The Solar Energy Potential Atlas (GEPA) has been formed by the General Directorate of Renewable Energy (YEGM), which reveals the solar energy potential of Turkey (YEGM, 2017c). For the calculation of the parameters, 22-hour measurement values were used between 1985-2006 at EIE and DMI stations (YEGM, 2017d). As can be seen in Figure 3, the highest daily radiation value per  $m^2$  of Turkey is 11.31 kWh in July and 3.75 kWh in the lowest in December. When the daily insolation period is examined, the highest value is 6.57 hours in June and the lowest value is 1.59 hours in December. It is also provided by monocrystalline PV cells that can be produced at the highest energy per  $m^2$  area. As can be seen in the map in Figure 3 (YEGM, 2017c) and in Table 8 (Adam and Apaydin, 2016), the southern parts of the country have the highest solar energy potential, especially in the



Southeastern Anatolia region with total solar energy of 1460 kWh / m<sup>2</sup> and insolation 2993 hours per year. This region is followed by Mediterranean region with 1390 kWh / m<sup>2</sup> of total solar energy and 2956 hours of insolation per year.

In Turkey, by the end of 2016, the licensed PV power plant's installed capacity is only 12.9 MW, while the installed power is 832.5 MW for 1045 power plants (IEA, 2016). In Turkey, photovoltaic energy production has not developed as in the case of wind energy. As a result, the photovoltaic installation has gained a trend on unlicensed production. Installed unlicensed generation plants have a power of less than 1 MW installed capacity. Contrary to this, solar water heating systems technologies have a wide use (Dincer, 2011). According to REN 21 2016 data, Turkey achieved the second largest market share in the world by reaching 27.7 GWth (39.5 million m<sup>2</sup>) installed capacity in solar water heating technologies in 2016. Vacuum tube collectors constituted 47% of installed capacity in 2016. The solar water heating system capacity of 13.6 GWth (19.4 million m<sup>2</sup>), operated by the end of 2015, corresponds to 10% of Turkey's annual natural gas consumption.

**Table 8. Turkey's Solar Energy Data by Regions**

Regions	Total Solar Energy (kWh/m <sup>2</sup> -year)	Insolation (h/year)	Time
Southeastern Anatolia	1460	2993	
Mediterranean	1390	2956	
East Anatolia	1365	2664	
Central Anatolia	1314	2628	
Aegean	1304	2738	
Marmara	1168	2409	
Black Sea	1120	1971	

## Wind Energy

Turkey has very high wind energy potential (Kaygusuz, 2010). This energy source provides advantages both for the provision of energy security and for the reduction of greenhouse gas emissions. As can be seen in Table 3, the wind energy of Turkey is 400 TWh / year for overall potential and 110 TWh / year for technical potential and only 50 TWh / year of this technical potential has economic potential. In the seas, the wind energy is 180 TWh / year and this potential cannot be utilized because Turkey's coastal is not proper for the establishment of offshore wind turbines.

As seen in Table 4, Turkey had an installed capacity of 20 MW as of the end of 2005, whereas by the end of 2015 the installed capacity reached 4503 MW. The values given in the same table have reached to 11,653 GWh / year in 2015, from 59 GWh / year in 2005 to electricity production from wind energy. Also in the year 2016, 1387.75 MW installed power system added and the total installed power increased to 6,106.05 MW. The boost in the production of installed capacity and generated electricity in this 10-year period has been due to the enactment of the Renewable Energy Law (YEK) in 2005. According to the Turkish Wind Energy Association's share in the 2017 Turkish Wind Energy Statistics Report (TÜREB, 2017), the number of RESs, which were 4 in 2005, reached 152 as of January 2017. The highest installed capacity WPP established between 2011 and 15 in



Turkey is the Soma WPP, which was in RES Manisa province and its capacity is 264.1 MW.

The coastal areas of Turkey have significant wind energy potential. As can be seen in Table 9, the Aegean, the Marmara and the Mediterranean region are proving this with the installed capacity of the wind energy (TÜREB, 2017; Ilkilic, 2010). The wind energy installed capacity in these three regions constitutes 86% of the total installed capacity. The Marmara region has reached an installed wind power of 2105.7 MW by the end of 2016 with average wind power density of 51.91 W / m<sup>2</sup> and average wind speed of 3.29 m / s.

**Table 9. Wind Statistics by Region**

Regions	Average wind power intensity (W/m <sup>2</sup> )	Average Wind Speed (m/s)	MW	%
Aegean	23.47	2.65	2,376.35	38.92
Marmara	51.91	3.29	2,105.7	34.49
Mediterranean	21.36	2.45	888.7	14.55
Central Anatolia	20.14	2.46	534.9	8.76
Black Sea	21.31	2.38	172.9	2.83
Southeastern Anatolia	29.33	2.69	27.5	0.45
East Anatolia	13.19	2.12	-	-

## **LEGAL REGULATIONS FOR RENEWABLE ENERGY DEVELOPMENT IN TURKEY**

Turkey is 68% dependent on fossil resources in the primary energy supply. Especially 93% in petroleum, 99% in natural gas and 96.37% in coal is outsourced. These dependency ratios need to be lowered in terms of energy supply security. While the share of renewable energy sources in electric energy in 2005 was 24.6%, this value was increased to 32% in 2016. Many legal regulations have been taken to reach this level and the installed capacity of renewable energy sources and the contribution of electricity generation increased. The most important effect on the electricity energy production market from the renewable energy sources was the YEK Law which was followed by the YEKDEM and YEKA regulations.

### **Law on the Usage of Renewable Energy Sources for Generating Electricity Energy (Law No. 5346)**

Law No. 5346 on the Usage of Renewable Energy Sources for Electricity Generation (Law on RMA) was enacted on 10.05.2005. The aim of this law is expanding the utilization of renewable energy resources for generating electrical energy, to benefit from these resources in secure, economic and qualified manner, to increase the diversification of energy resources, to reduce greenhouse gas emissions, to assess waste products, to protect the environment and to develop the related manufacturing sector for realizing these objectives. The second article aims to document the conservation of renewable energy sources, the electricity generated from these sources, and this article covers the principles and procedures for the use of the specified sources (Law No:5346).

### **Renewable Energy Sources Support Mechanism (YEKDEM)**



With the regulation no. 28782 of 01.10.2013, it is aimed to encourage the production of electric energy based on renewable energy sources (YEKDEM). The production facilities that can benefit from this scope are listed in the No. 5346 RES Law as the electrical energy generation resources suitable for wind, solar, geothermal, biomass, biogas (including landfill gas), wave, current and tidal energy resources together with hydraulic generation plants either canal or run of river type or with a reservoir area of less than fifteen square kilometers. This Regulation is applied to the production facilities within the scope of this Law, which will enter operation between 2005-2020, with the enforcement date of the Law No: 5346, for a period of 10 years. Prices applied to facilities within the scope of YEKDEM; 7.3 US cents / kWh for hydroelectric and wind power plants, 10.5 US cents / kWh for geothermal power plants, and 13.3 US cents / kWh for biomass and solar power plants.

According to the EPDK's share in the electricity sector report for 2016, the number of participants benefited from YEKDEM in 2016 reached 556, the installed capacity reached 15,083 MW and the electricity production was 44.69 TWh (EPDK, 2016). In 2013, 38 licensed companies under YEKDEM have operated with a total installed capacity of 534 MW (EPDK, 2013). As can be seen in this three years period, companies operating in the field of renewable energy sources have demanded the YEKDEM mechanism at a considerable level.

### **Renewable Energy Resource Areas Regulation (YEKA)**

Renewable Energy Resources Regulation (YEKA) published in the Official Gazette on 29.10.2016, year 29852 aims to create large-scale renewable energy resource areas in immovables belonging to public and private property (YEKA). With this regulation, it is aimed to use energy resources effectively and efficiently and to realize investments rapidly by allocation of these areas to investors. In addition, it is aimed to produce domestic high-tech equipment used in electric energy production facilities based on renewable energy sources or to supply them domestically and to contribute to the transfer of technology.

The first application within the scope of Renewable Energy Resource Area (YEKA) was announced as Karapınar YEKA in the Official Gazette dated 09.09.2015 and numbered 29470 (YEGM, 2016). According to this, 19.19 km<sup>2</sup> of the total area of 27.19 km<sup>2</sup> in the province of Karapınar, Konya province will be installed with a solar energy power generation plant with an installed capacity of 1000 MW. Photovoltaic solar modules which will use in facility for 30 years will be produced in our country. The second application is for wind energy, covering an installation of more than \$ 1 billion in total, installation of a wind power plant with an installed capacity of 1000 MW and installation of a 400 MW wind turbine production capacity plant per year with an indigenous rate of 65% (YEGM, 2017). Within the scope of this YEKA, 5 regions determined as Ankara-Çankırı-Kırıkkale, Bilecik-Kütahya-Eskişehir, Edirne-Kırklareli-Tekirdağ, Kayseri-Niğde and Sivas will be provided with a minimum of 50 MW installed capacity and 1.5 million tons CO<sub>2</sub> emission reduction per year.

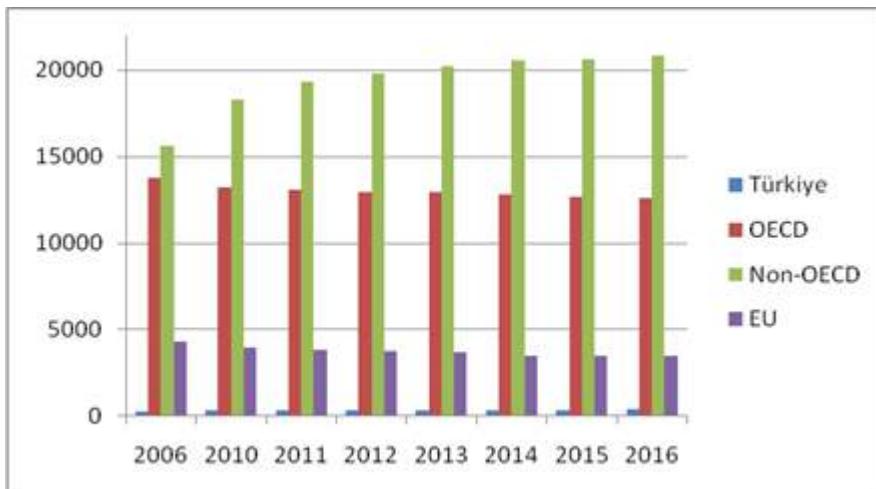
### **CO<sub>2</sub> EMISSION of TURKEY**



The main source of CO<sub>2</sub> is the combustion of fossil such as coal, oil and natural gas and biomass origin fuels. In addition, industrial processes such as cement production and in agricultural applications are influential at existing this emission. Especially dependency at 87% of the fossil-based fuels in the primary energy supply, the Turkey releases significant amounts of CO<sub>2</sub> to atmosphere annually. As seen in Table 10, in 2005, the total CO<sub>2</sub> emission value of Turkey was 263940.6 kt, but by the end of 2015 this figure had risen to 383426.7 kt (TÜİK, 2016b). During this 10-year period, the total CO<sub>2</sub> emission value increased by 119486.1 kt (45.2%). Again, during these two years, CO<sub>2</sub> emission value in cycle and energy sector increased from 91625.4 kt to 135766.8 kt. These values show that the use of fossil fuels in this sector has increased by 48.2%. CO<sub>2</sub> emission values in the industrial, transportation and other sectors were -2.88%, 80.9% and 59.8%, respectively, because of the burning of fuels from 2005 to 2015. The decline of approximately 3% seen in the industrial sector in this process is due to the spread of the use of natural gas instead of coal as energy source. In addition, CO<sub>2</sub> emissions, which amounted to 32543.6 kt in 2005 industrial operations, rose to 52335.7 kt in 2015. CO<sub>2</sub> emissions from urea application in agriculture are 613.2 and 810.6 for 2005 and 2015, respectively. In this year there was a 32.2% increase in this area.

**Table 10. Changes in CO<sub>2</sub> Emission Values by Sectors Between 2005 and 2015**

	<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
Burning Fuels	230,63	276,70	298,43	304,75	294,53	306,17	330,12
Energy Sector.	4.1	0.1	9.6	2.2	3.8	5.4	5
Industry Sector	91,625	113,63	126,30	126,03	120,81	131,75	135,76
Transportation Sector	.4	3.7	5.1	6.1	1.1	8.9	6.8
Other Sectors	58,747	54,216	56,378	57,488	51,579	52,088	57,410
Fugitive Emissions	41,043	.8	.8	.5	.4	.3	.8
CO <sub>2</sub> Transportation and Storage	.8	44,382	46,366	61,248	67,478	72,084	74,262
	39,217	.6	.8	.5	.1	.3	.9
Industrial Processes	.9	64,467	69,388	59,979	54,665	50,243	62,684
Agriculture (Urea Applications)	141.6	156.2	.9	143.7	.2	.8	.5
	0.1	0.1	150.5	0.1	145.5	145.5	154.8
Open Incineration of Wastes	32,543	44,549		49,951		0.1	0.1
	.6	.5	48,850	.6	52,257	52,111	52,335
	613.2	645	.6	639.8	.4	787.7	.7
			557.5		807.3		810.6
	8.1	6		4.7		0.5	0.5
			5.4		2.4		
<b>Total</b>	<b>263,94</b>	<b>322,05</b>	<b>348,00</b>	<b>355,49</b>	<b>347,74</b>	<b>359,22</b>	<b>383,42</b>
	<b>0.6</b>	<b>6.8</b>	<b>3.8</b>	<b>2</b>	<b>6.5</b>	<b>0.2</b>	<b>6.7</b>



**Figure 7. CO<sub>2</sub> Emission Values Comparison Between Years 2006-2016**

As seen in Figure 4, the CO<sub>2</sub> emission values of Turkey between 2006-2016 are compared with OECD, non-OECD and EU. Between 2006 and 2016, CO<sub>2</sub> emission values have been reduced by 2%, especially in the EU. In 2006, the EU countries that have emitted CO<sub>2</sub> emissions of 4,285.6 Mt CO<sub>2</sub> to atmosphere have succeeded in reducing the emission value to 3,477 Mt CO<sub>2</sub> in 2016. The same trend has also shown OECD countries to reduce CO<sub>2</sub> emissions by 0.9%. Turkey, on the other hand, could not prevent the 4.1% increase in CO<sub>2</sub> emission values between these years. Non-OECD countries increased their CO<sub>2</sub> emission values by 3.4%.

### Turkey's Climate Change Agreements

Turkey make an effort to participate in international climate change prevent missions to continue its struggle with greenhouse gas emissions. However, Turkey's energy production based on fossil fuels, which cause CO<sub>2</sub> emissions, is a disadvantage in this respect. In this regard, Turkey is lacking both the infrastructure and the financial issues to meet it for the use of more environmentally friendly incineration systems and filtration technologies. Turkey has made attempts to become a party to the efforts to struggle with climate change which many countries are party for elimination of this deficiencies and international support to reduce greenhouse gas emissions.

#### **Kyoto Protocol**

Turkey, which was a party to the UNFCCC in 2004, did not participate in the meeting held by the parties to the Kyoto Protocol because of it was not a party to the Kyoto Protocol which entered into force in 2005. Law No. 5386, which regulates our party to the Kyoto Protocol in 2009, was enacted to participate in the process-setting studies after 2012, and was formally admitted to the Protocol in the same year. However, there is no commitment to limit or reduce emissions within the framework of this protocol (DSİ, Kyoto).

#### **Paris Climate Agreement**

The Paris Climate Treaty was signed at the UNFCCC 21st Conference of the Parties in Paris, aiming at strengthening global socio-economic stability against the threat of climate change in the post-2020 period. Turkey also signed this agreement with the representatives



of 175 countries at a high-level signing ceremony in 2016 (MFA, Paris). According to this agreement, Turkey report that emissions will be reduced by 21% in 2020-2030 with decreasing increase principle.

## CONCLUSION

In this study, Turkey's renewable energy status and changes in CO<sub>2</sub> emission values between 2005 and 2015 are discussed. With this study, the positive effect of Law No. 5346 (Renewable Energy Law) which was enacted in 2005 with YEKDEM and YEKA regulations on the renewable energy installed capacity, has been analyzed. According to BP data, the renewable energy capacity of Turkey has grown by 51% between these dates. The average of OECD countries is 13.9%. In this 10-year period, the renewable energy installed capacity reach from 12,976 GW in 2005 to 31,614 GW in 2015. As of the end of 2016 in YEKDEM regulations, the installed capacity reached 15.08 GW and with YEKA-1 and YEKA-2 which total investment amount will exceed US \$2 billion in solar and wind energy, 2 GW installed capacity will be added to system.

Despite such a development in renewable energy sources, the installed power of thermal power plants based on fossil resources has also increased in line with the energy demand in Turkey. The installed power of thermal power plants, which was 25.8 GW in 2005, reached 41,533 GW by the end of 2015. Imports of natural gas increased by 82.2% between these years. The import of natural gas, which was 26.5 billion Sm<sup>3</sup> in 2005, reached 48.4 billion Sm<sup>3</sup> in 2015. The rate of coal imports between 2004 and 2014 increased by 79%, and the import of coal, which started in the 1980s, reached 30.2 million tons in 2014.

As can be seen, against the development of renewable energy between 2005 and 2015, the prospect of fossil fuels is continuing in Turkey. This shows that our external dependence on energy continues. The increase in the CO<sub>2</sub> emission values of Turkey is observed due to the dependence of fossil resources on primary energy supply. As a matter of fact, the emission value of Turkey, which was 263.9 million tons of CO<sub>2</sub> in 2005, reached 383.4 million tons of CO<sub>2</sub> at the end of 2015. Moreover, in 2005, 2.54 tons of CO<sub>2</sub> emissions per capita were released to the atmosphere in 2005, which was reached to 4.01 tons of CO<sub>2</sub> emissions per capita in 2015. Struggling with greenhouse gases Turkey has pledged to reduce its emissions by 21% between 2020 and 2030 as a party to the Kyoto Protocol in 2009 and the Paris Climate Treaty in 2016. Turkey must continue to invest in renewable energy to reduce its dependence on fossil resources for fulfill its commitment.

## REFERENCES

- Adam, A.D., & Apaydin, G. (2016). Grid connected solar photovoltaic system as a tool for greenhouse gas emission reduction in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 1086-1091
- Aksoy, N. (2014). Power generation from geothermal resources in Turkey. *Renewable Energy*, 68, 595-601
- Baris, K., & Kucukali, S. (2012). Availability of renewable energy sources in Turkey: Current situation, potential, government policies and the EU perspective. *Energy Policy*, 42, 377-391



- Basaran, S.T., Dogru, A.O., Balcik, F.B., Ulugtekin, N.N., Goksel, C., Sozen, S. (2015). Assessment of renewable energy potential and policy in Turkey-Toward the acquisition period in European Union. *Environmental Science and Policy*, 46, 82-94
- Benli, H. (2013). Potential of renewable energy in electrical energy production and sustainable energy development of Turkey: Performance and policies. *Renewable Energy*, 50, 33-46
- Benli, H. (2016). Potential application of solar water heaters for hot water production in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 99-109
- Bilgen, S., Keles, S., Sarıkaya, I., Kaygusuz, K. (2015). A perspective for potential and technology of bioenergy in Turkey: Present case and future view. *Renew. Sust. Energ. Rev.*, 48, 228-239
- British Petroleum (BP), BP Statistical Review of World Energy 2017 Full Report. (Access Date: 25.09.2017) Retrieved from <https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review-2017/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-full-report.pdf>
- Capik, M., Yilmaz, A.O., Cavusoglu, I. (2012). Present situation and potential role of renewable energy in Turkey. *Renewable Energy*, 46, 1-13
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ), 2015 Yılı Faaliyet Raporu. (Access Date: 25.09.2017) Retrieved from <http://www.dsi.gov.tr/docs/stratejik-plan/dsi-2015-faaliyet-raporu.pdf?sfvrsn=2#page=68>
- Devlet Su İşleri (DSİ), İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Türkiye. (Access Date: 25.09.2017) Retrieved from [http://www.dsi.gov.tr/docs/iklim\\_degisikligi/iklim\\_degisikligi\\_cerceve\\_sozlesmesi\\_ve\\_turkiye.pdf?sfvrsn=2](http://www.dsi.gov.tr/docs/iklim_degisikligi/iklim_degisikligi_cerceve_sozlesmesi_ve_turkiye.pdf?sfvrsn=2)
- Dışişleri Bakanlığı, Paris İklim Anlaşması. (Access Date: 25.09.2017) Retrieved from <http://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa>
- Dincer, F. (2011). Overview of the photovoltaic technology status and perspective in Turkey. *Renew. Sust. Energ. Rev.*, 15, 3768-3779
- Elektrik Üretim A.Ş. (EÜAŞ), 2016 Sektör Raporu. (Access Date: 25.09.2017) Retrieved from [http://www.euas.gov.tr/Documents/sektor\\_raporlari/EUAS-Sektor\\_Raporu2016.pdf](http://www.euas.gov.tr/Documents/sektor_raporlari/EUAS-Sektor_Raporu2016.pdf)
- Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (EİGM), Enerji Denge Tabloları. (Access Date: 25.09.2017) Retrieved from <http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tablolari/Denge-Tablolari>
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK). Elektrik Piyasası Gelişim Raporu 2013. (Access Date: 25.09.2017) Retrieved from <http://www.epdk.org.tr/TR/Dokuman/2463>
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK). 2015 Yılı Doğalgaz Piyasası Sektör Raporu. (Access Date: 25.09.2017) Retrieved from <http://www.epdk.org.tr/TR/Dokumanlar/Dogalgaz/YayinlarRaporlar/Yillik>
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK). Elektrik Piyasası Gelişim Raporu 2016. (Access Date: 25.09.2017) Retrieved from <http://www.epdk.org.tr/TR/Dokuman/7952>
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETBK). (2017a). Jeotermal. (Access Date: 25.09.2017) Retrieved from <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Jeotermal>
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2017b) Temiz Enerji. (Access Date: 25.09.2017) Retrieved from <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Temiz-Enerji>
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Uluslararası Müzakereler, (Access Date: 25.09.2017) Retrieved from <http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tablolari/Denge-Tablolari>
- Erdil, A., & Erbiyik, H. (2015). Renewable energy sources of Turkey and assessment of sustainability. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 207, 669-679
- Erdogdu, E. (2008). An expose of bioenergy and its potential and utilization in Turkey. *Energy Policy*, 36, 2182-2190



- Erdogdu, E. (2009). A snapshot of geothermal energy potential and utilization in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13, 2535-2543
- Kaygusuz, K. (2010). Wind energy status in renewable electrical energy production in Turkey. *Renew. Sust. Energ. Rev.*, 14, 2104-2112
- Kecebas, A. (2013). Energetic, exergetic, economic and environmental evaluations of geothermal district heating systems: An application. *Energy Conversion and Management*, 65, 546-556
- Keles, S., & Bilgen, S. (2012). Renewable energy sources in Turkey for climate change mitigation and energy sustainability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 5199-5206
- Kok, B., & Benli, H. (2017). Energy diversity and nuclear energy for sustainable development in Turkey. *Renewable Energy*, 111, 870-877
- Komurcu, M.I., & Akpinar, A. (2009). Importance of geothermal energy and its environmental effects in Turkey. *Renewable Energy*, 34, 1611-1615
- Kose, R. (2007). Geothermal energy potential for power generation in Turkey: A case study in Simav, Kütahya. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11, 497-511
- Kotcioglu, I. (2011). Clean and sustainable energy polices in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 5111-5119
- Law no: 5346, Date of Acceptance: 10/05/2005, Official Gazette Publishing Date: 18/05/2005, No: 25819. Ankara, Turkey: Official Gazette; 2005
- International Energy Agency (IEA), PVPS Annual Report 2016. (Access Date: 25.09.2017) Retrieved from [http://iea-pvps.org/index.php?id=6&eID=dam\\_frontend\\_push&docID=3951](http://iea-pvps.org/index.php?id=6&eID=dam_frontend_push&docID=3951)
- Maden Tetkik ve Arama (MTA), Jeotermal Enerji Araştırmaları. (Access Date: 25.09.2017) Retrieved from <http://www.mta.gov.tr/v3.0/arastirmalar/jeotermal-enerji-arastirmalari>
- Melikoglu, M. (2013). Hydropower in Turkey: Analysis in the view of vision 2023. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 503-510
- The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2017a). (Access Date: 25.09.2017) Retrieved from <https://data.oecd.org/gdp/real-gdp-forecast.htm>
- The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2017b). Turkey (Access Date: 25.09.2017) Retrieved from <https://data.oecd.org/turkey.htm>
- The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2017c). Air and ghg emissions for Turkey. (Access Date: 25.09.2017) Retrieved from <https://data.oecd.org/air/air-and-ghg-emissions.htm>
- Ozgur, M.A. (2008). Review of Turkey's renewable energy potential. *Renewable Energy*, 33, 2345-2356
- Ozturk, M., & Yuksel, Y.E. (2016). Energy structure of Turkey for sustainable development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 1259-1272
- Ozturk, M., Saba, N., Altay, V., Iqbal, R., Hakeem, K.R., Jawaid, M., Ibrahim, F.H. (2017). Biomass and bioenergy: An overview of the development potential in Turkey and Malaysia. *Renew. Sust. Energ. Rev.*, 79, 1285-1302
- Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21). Renewables 2016 Global Status Report. (Access Date: 25.09.2017) Retrieved from [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/10/REN21\\_GSR2016\\_FullReport\\_en\\_11.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/10/REN21_GSR2016_FullReport_en_11.pdf)
- Simsek, H.A., & Simsek, N. (2013). Recent incentives for renewable energy in Turkey. *Energ. Policy*, 63, 521-530



- Stritih, U., Osterman, E., Evliya, H., Butala, V., Paksoy, H. (2013). Exploiting solar energy potential through thermal energy storage in Slovenia and Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 442-461
- Toklu, E. (2013). Overview of potential and utilization of renewable energy sources in Turkey. *Renewable Energy*, 50, 456-463
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2016a). Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları, 2016. (Access Date: 25.09.2017) Retrieved from <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=24638>
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2016b). Sektörlere Göre Toplam Seragazı Emisyonları. (Access Date: 25.09.2017) Retrieved from <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=24588>
- Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği (TUREB), Türkiye Rüzgar Enerjisi İstatistik Raporu 2017. (Access Date: 25.09.2017) Retrieved from [http://www.tureb.com.tr/files/tureb\\_sayfa/duyurular/2017\\_duyurular/subat/turkiye\\_ruzgar\\_enerjisi\\_istatistik\\_raporu\\_ocak\\_2017.pdf](http://www.tureb.com.tr/files/tureb_sayfa/duyurular/2017_duyurular/subat/turkiye_ruzgar_enerjisi_istatistik_raporu_ocak_2017.pdf)
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM). 2016 Yılı Faaliyet Raporu. (Access Date: 25.09.2017) Retrieved from [http://www.eie.gov.tr/document/2016\\_f\\_r.pdf](http://www.eie.gov.tr/document/2016_f_r.pdf)
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü. (2017a) Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası (BEPA). (Access Date: 25.09.2017) Retrieved from <http://bepa.yegm.gov.tr/>
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM). (2017b). Dalga Enerjisi, (Access Date: 25.09.2017) Retrieved from [http://www.eie.gov.tr/teknoloji/dalga\\_enerjisi.aspx](http://www.eie.gov.tr/teknoloji/dalga_enerjisi.aspx)
- Yenilebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM). (2017c). Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA). (Access Date: 25.09.2017) Retrieved from <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>
- Yenilebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM). (2017d). Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA). (Access Date: 25.09.2017) Retrieved from <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Aciklamalar.aspx>
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM). Duyurular, Yeka İhalesi. (Access Date: 25.09.2017) Retrieved from [http://www.eie.gov.tr/duyurular\\_haberler/yeka\\_ihalesi\\_2017.aspx](http://www.eie.gov.tr/duyurular_haberler/yeka_ihalesi_2017.aspx)
- Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları (YEKA) Yönetmeliği, Official Gazette Publishing Date: 09/10/2016, No:29852. Ankara, Turkey: Official Gazette; 2016
- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik, Official Gazette Publishing Date: 01/10/2013, No:28782. Ankara, Turkey: Official Gazette; 203
- Yuksek, O. (2008). Reevaluation of Turkey's hydropower potential and electric energy demand. *Energy Policy*, 36, 3374-3382
- Yuksel, I. (2010). As a renewable energy hydropower for sustainable development in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 3213-3219
- Zeng, S., Liu, Y., Liu, C., Nan, X. (2017). A review of of renewable energy investment in the BRICS countries: History, models, problems and solutions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74, 860-872



## DESIGNING A DISTRICT HEATING SYSTEM BY DETERMINING THE WASTE HEAT OF A BIOGAS POWER PLANT

\*Ahmet Serhan HERGÜL

Kocaeli University, Energy Systems Engineering Department

serhanhergul@gmail.com

Müfit YÜCE

Kocaeli University, Energy Systems Engineering Department

mufityc@gmail.com

Durmuş KAYA

Kocaeli University, Energy Systems Engineering Department

durmuskaya@hotmail.com

**ABSTRACT:** In this study, a new approach was taken to meet the energy demands of a building in the countryside. Calculation of the thermal requirements was made by considering TS 825 standard. The calculation of the heating requirement is made for the student dormitory in the province of Kocaeli, which is accepted in the 2nd region in terms of climate conditions. The heating day degree method has been studied in this work. Then the waste heat and the total potential capacity of the gas engine in the biogas plant are determined. In the calculations made, the utility of the waste heat of the biogas plant with the consumption scenario of an existing dorm has been determined. As a result, it can be seen that the requirement of the building which is 241.722,48 kWh heating per year can be met. The power plant company gained 8.271,45 € in the average of four years while the dormitory building paid 3,41 € heating and hot water fee for the unit area. At this point, the dormitory was heated more efficiently than the systems in its own area and achieved a profit of 13.66%. Finally, 100.594,33 kg CO<sub>2</sub> less released and an environmentally friendly system design was achieved.

**Key words:** District heating, energy efficiency, building energy performance, biogas plant, heating degree day



## DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AUTOMATION SYSTEM FOR WATER LEAKAGE TEST IN VEHICLES

Koray ERHAN

Kocaeli University, Department of Energy Systems Engineering

korayerhan@gmail.com

Murat AYAZ

Kocaeli University, Department of Electric and Energy

murat.ayaz@kocaeli.edu.tr

**ABSTRACT:** Automotive production is a field which is open to continuous improvement and the application of new technologies. Automotive manufacturers have to constantly improve production costs, as well as production standards, in order to maintain and increase their market share. This situation makes inevitable to develop or extend usage of the automation systems in the automotive production lines. In this study, an automation system design that is enable perform pressurized water leakage test of vehicles without interrupt of the serial production in automotive production lines is handled. In the designed pressure water test system, it is ensured that all the vehicles are tested at the same standard pressure values and at equal duration. Also, the outside of vehicles is completely dried at the end of the test line. Furthermore, the test system is designed to work independent from the operators in terms of preventing the production line from being interrupted or working unnecessarily. Thus, the energy required for the test system is used more efficiently and energy is saved.

**Key words:** Industrial automation systems, Automotive applications, PLC, Water leakage test of vehicles.

## TAŞITLAR İÇİN SU SIZDIRMAZLIK TESTİ VE OTOMASYON SİSTEM TASARIMI

**ÖZET:** Otomotiv üretimi, sürekli gelişime ve yeni teknolojilerin uygulanmasına açık bir alandır. Otomotiv üreticileri pazardaki paylarını korumak ve artırmak için gerek üretim maliyetlerini gerekse de üretim standartlarını sürekli olarak iyileştirmek zorundadırlar. Bu durum otomotiv üretiminde, otomasyon sistemlerinin daha fazla kullanımını ve geliştirilmesini kaçınılmaz hale getirmektedir. Bu çalışmada, otomotiv üretim bantlarında araçların basınçlı su ile sızdırmazlık testlerinin kesintisiz ve seri üretimi aksatmayacak şekilde gerçekleştirilebilmesini sağlayacak bir otomasyon sistem tasarımı ele alınmaktadır. Tasarlanan basınçlı su testi sisteminde bütün araçların aynı standart basınç değerlerinde, eşit sürelerde ve tamamen kurutularak kontrolünün sağlanması gerçekleştirilmektedir. Ayrıca, test sistemi operatörlerden bağımsız hale getirilerek üretim bandının kesintiye uğraması veya gereksiz yere çalışması önlenmektedir. Böylece test sistemi için gerekli olan enerji daha verimli kullanılarak sarfiyatın önüne geçilmesi sağlanmaktadır.

**Anahtar sözcükler:** Endüstriyel otomasyon sistemleri, Otomotiv uygulamaları, PLC, Araç sızdırmazlık testi



## REHABILITATION OF HIGH STRENGTH REINFORCED CONCRETE CORBELS USING BASALT FIBER FABRIC

Adnan Hazem Alshawaf  
Gaziantep University, Civil Engineering Department  
eng\_shawaf@hotmail.com

Mehmet Eren GÜLŞAN  
Gaziantep University, Civil Engineering Department  
gulsan@gantep.edu.tr

Khamees Nayyef Abdulhaleem  
Gaziantep University, Civil Engineering Department  
khamees.abdulhaleem@mail2.gantep.edu.tr

**ABSTRACT:** This paper presents an experimental study on the mechanical behavior of damaged reinforced concrete corbels rehabilitated by Basalt Fiber Fabric (BFF). The main research aim of the study is to investigate the effectiveness of basalt fiber fabric on rehabilitation of reinforced concrete corbels, which were damaged because of elevated temperatures and overloading, by examining load restoring capacity and ductility. Totally nine corbels that had been damaged before were selected for the study. The initial failure of the corbels had been because of overloading after heating them to several temperature levels (250°C, 500°C, and 750°C). These corbels had been produced from high strength self-compacting concrete with one concrete class (80 MPa) and three different amounts of steel fiber ratios (0%, 0.5%, 1%). However, shear span value for all corbels is same (90 mm). Experimental results show that use of basalt fiber fabric on damaged corbels increases the load carrying capacity and ductility significantly as compared to the corresponding values of corbels before initial failure. Besides, the stiffness of the corbels after rehabilitation is same with the stiffness of them before initial failure. Moreover, all of the rehabilitated corbels failed because of de-bonding failure mode and no visible damage was observed on the fabric.

**Key words:** corbels, high strength concrete, rehabilitation, basalt fiber fabric, epoxy.

## INTRODUCTION

Corbels are short cantilever deep beam with a shear span, structural members commonly used in reinforced concrete and Precast concrete structures. As known, the corbels are widely used in industrial buildings and highway bridges. The main function for the corbels are transferring the vertical and horizontal loads between members such as the beams to columns and walls (Foster & Malik, 2002; Foster, Powell, & Selim, 1996; Hwang & Lee, 2002; Russo, Venir, Pauletta, & Somma, 2006; Yong & Balaguru, 1994). The strength and stiffness for reinforced concrete corbels could be affected if the corbels are exposed to heat treating. Previous experimental studies concrete behavior under high temperatures have mostly focused on the reduction of stiffness and strength properties(Toumi, Resheidat, Guemmadi, & Chabil, 2009). In order to maintain the structural members form degradation or loss the main function for this member, the researchers were investigated rehabilitation methods and a mechanism to maintain those members. However, many reasons demand to



rehabilitate concrete structures not just heat treatment such as, use consideration (change in loading requirements), environmental conditions, construction and material shortcomings (incorrect placing of steel bars, redesign the members, inadequate lap length at splice or inadequate transversal reinforcement like; hoops, ties, or stirrups, and weak constructions practice(Elgwady, Rabié, & Mostafa, 2005) . As well as, structural rehabilitation's is play a role in civil engineering, to rectify damaged, corroded and old reinforcement concrete structures in common terms likewise repairing, rehabilitating and strengthening with this in mind processes related to damage ratio(Kumar, Selvamony, Seen, & Sethuraman, 2015). The variation in rehabilitate and other methods for repairing reinforcement concrete isn't so much obvious, because a lot of reason may cause failure in concrete such as overloading. On other circumstance, crack observed in the concrete so if the corbels is undamaged and the structure live load is to be increased, then the appliance is merely for strengthening functions (Corry & Dolan, 2001). While The most important factors for using composite materials is strengthening the structure. To give an illustration, the data elucidate repair or strengthening techniques for reinforced concrete corbels by Basalt fiber fabric are very limited and almost nonexistent, another key thing to remember many researchers investigates on basalt fiber reinforced polymer composites ,the study confirm when basalt fiber had been used the fracture toughness increases as a result of reinforcing , the toughness of the composite increased compared to the matrix (BFP) and loading capacity(Czigány, Vad, & Pölöskei, 2005; Kumar et al., 2015; Liu, Shaw, Parnas, & McDonnell, 2006) . Moreover, on other hand researchers investigates strengthening on reinforced concrete corbels by utilizing carbon fiber (CFRP) and they found by using CFRP technology for strengthening and repairing reinforced concrete corbels was operative and efficient too(Ahmad, Elahi, Kundi, & Haq, 2013; Erfan, Abdel-Rahman, Nassif, & Hammad, 2010; I Ivanova & Assih, 2015; Ivelina Ivanova & Assih, 2015; Ivelina Ivanova, Assih, & Dontchev, 2016) .

This paper presents results of an investigation on the experimental behavior of heated and damaged steel fiber Reinforced corbels after rehabilitated using basalt fiber fabric and to Figure out the change between the ultimate load and the failure mode after the rehabilitation.

## EXPERIMENTAL WORK

The experimental study consists of nine corbels. All of the damaged corbels had been produced from self-compacting high-strength steel fiber reinforced concrete (compressive strength value of 80 MPa). While all corbels have the same shear span ratio (0.69) and reinforcement ratio (0.0158), they contain different amount of steel fiber (0%, 0.5%, and 1%). Moreover, all corbels had been damaged before rehabilitation process because of overloading after different heating levels (temperature values of 250°C, 500°C, and 750°C). After the damaged corbels were rehabilitated by basalt fiber fabric, they were reloaded until failure. All details about the rehabilitation of corbels and testing procedure are explained in the following parts.

### Corbel details

All corbels have the same geometry and steel reinforcement arrangement which are shown in Fig. 1. The cross-section dimensions of both column and corbels are 150mm x 150mm. Column part of the column had been reinforced with four 10 mm diameter steel bars for

longitudinal reinforcement and of four 8 mm diameter steel bars for stirrups. Besides, two 14 mm diameter deformed steel bars were used for the main reinforcement of all corbels and the concrete cover distance for all corbels is 20 mm. All corbels were supported by roller supports during loading tests.

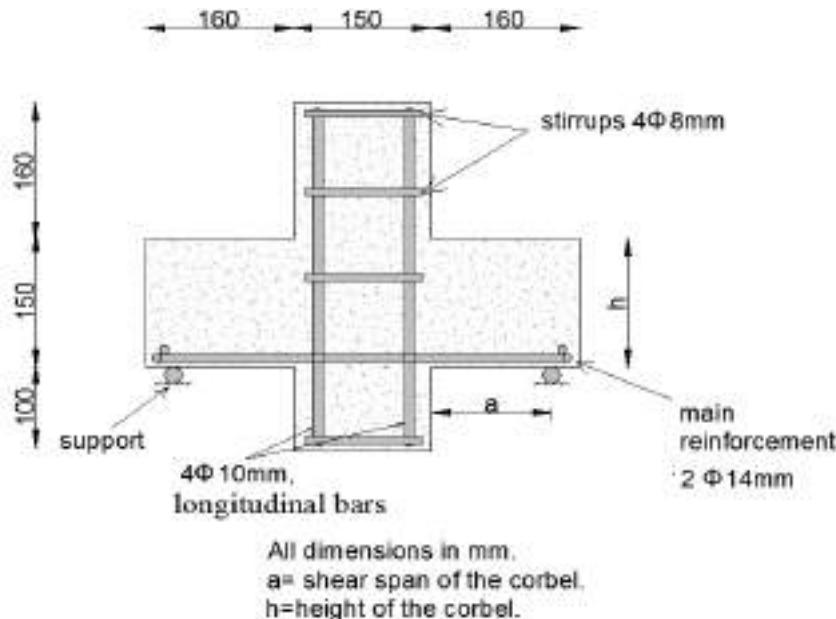


Figure 1. Corbel detail

#### Materials properties

In this experimental study, three types of epoxy were used. Each one was preferred for a different purpose in the rehabilitation process. High viscosity epoxy adhesive (TEKNOBOND 200) was used both for the repair of damaged concrete parts and for closing the cracks on the corbel surface in order to prevent leakage of crack repair material. Low viscosity epoxy adhesive (TEKNOBOND 300 TIX) was used for gluing the basalt fiber fabric to the concrete surface. The mechanical and physical properties of the high and low viscosity epoxy adhesives are shown in Table 1.

*Table 1. The properties of high and low viscosity epoxy adhesive*

Density (gr/cm <sup>3</sup> )	Consumption (kg/m)	Bond to Concrete (N/mm <sup>2</sup> )	Pot (min)	Life (day)	Loading capability (day)	Full strength (day)	Application Ground Temperature (°C)
low viscosity epoxy	1.15 A 1.05 B	2	5.3	45	1	7	5-30
high viscosity epoxy	1.50	1.5	4	30	1	7	5-30

The third type of epoxy was very low viscosity injection resin (Sikadur-52) which was used as crack repair material. It was injected to the inner micro cracks in as much of his



flowability in order to close all cracks both inside the corbels and on the corbel surface. The properties of this epoxy are shown in Table 2.

*Table 2. The properties of very low viscosity injection resin*

Density (kg/l)	Compressive Strength (N/mm <sup>2</sup> )	Bond Concrete (N/mm <sup>2</sup> )	to Pot Life (min)	Flexural Strength (N/mm <sup>2</sup> )	Tensile Strength (N/mm <sup>2</sup> )	E- Modulus (N/mm <sup>2</sup> )
1.1 A	52	4	25	61	37	1800
1 B						

The most important material of the study is basalt fiber fabric (BFF). Unidirectional basalt fiber fabric was treated for the rehabilitation of the damaged corbels. Reasons for the selection of this fabric type can be listed as a high tensile strength, smooth texture, durability, fire resistance and cheapness as compared to other alternatives (such as carbon fiber fabric). The properties of the fabric are shown in Table 3.

*Table 3. The properties of basalt fiber fabric*

Tensile Strength (MPa)	Tensile Modulus of Elasticity (Gpa)	Elongation (0/0)	Thickness (mm)	Polyester Yarn Density (tex)	Area Weight (g/m <sup>2</sup> )
<b>2100</b>	<b>105</b>	<b>2.6</b>	<b>.115</b>	<b>5.25</b>	<b>300</b>

### Rehabilitation methods

The grinder machine was used to clean the surfaces of corbels. The top four corners were rounded to achieve the continuity in the rehabilitated system, to prevent stress concentrations and to avoid tearing in basalt fabric. Before the gluing operation, the air compressor was used to remove any loose particles or dust on the surface. High viscosity epoxy adhesive was used for closing the big cracks in order to prevent the leakage of very low viscosity crack repair epoxy and to substitute the loosing parts of the damaged corbels. Thereafter, the cracks and voids were filled out with very low viscosity crack repair epoxy. The repair epoxy was injected to the inner of corbels by small injection needles and gravity feed method was used for the injection process. After injection process, the corbels were left for seven days to achieve the target strength of the repair epoxy. Application of the first part of the rehabilitation process in order to repair the cracks is shown in Fig. 2 step by step.

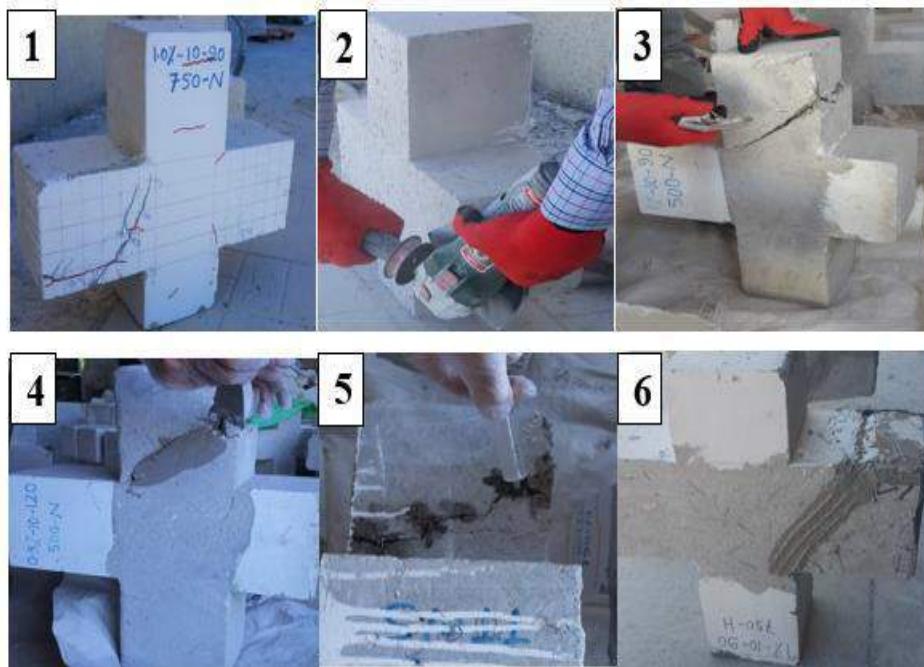


Figure 2. Configuration steps of preparation surface and injecting with very low viscosity injection

In the second part of the process, three strips of basalt fiber fabric were cut in specific dimensions for all corbel specimens. Components of low viscosity epoxy (epoxy and hardening resin) are mixed by electric drill machine according to low viscosity epoxy adhesive product data sheet. Thereafter basalt fiber fabric was saturated with the low viscosity epoxy and the saturated fabrics were glued to the corbel surface. The fabric was glued to the surface according to the shape and geometry of the corbels. Moreover, escaping from the voids is very important during gluing process. Therefore, trowel was used to eliminate air voids and to achieve successful connection between the fabric and the surface. Since basalt fiber fabric is unidirectional, it was glued to the corbel surface in both vertical and horizontal directions in order to resist normal stresses existing in both directions. Lastly, grinder machine was used again to level bottom of corbels in order to achieve smooth and homogeneous load transfer mechanism during loading. Step by step implementation of the second part of the rehabilitation process is shown in Fig. 3.

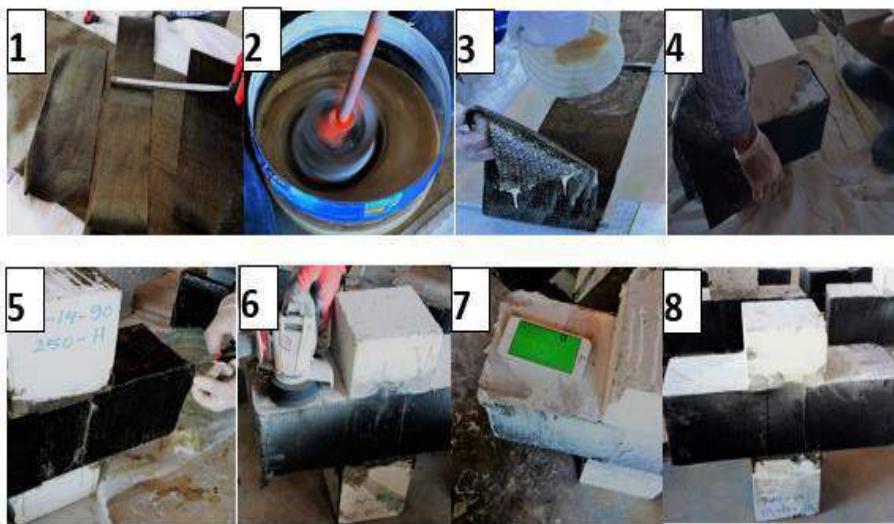


Figure 3. Configuration steps of the bonding surface and applying the Basalt fiber fabric with epoxy

#### Test Setup

All corbels were tested before and after the rehabilitation process under three-point loading tests Figure 4. Tests were carried out via 500 kN capacity displacement-controlled loading machine. The corbels were loaded with rate of 0.3 mm/min. Deflection of corbels was measured by two linear-variable-displacement-transducers (LVTDs). Load and displacement values were recorded at every 0.2seconds.



Figure 4. Corbel Specimen Setup

#### EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSION

Loading test results with all details are shown in Table 4. The first column in the table names designation for the corbels, including all related values, in which six different terms



are provided for each corbel's name; the first term represents the number of the specimen and the remain terms represent compressive strength, steel fiber ratio, main bar diameter, degree of heating before initial failure, and shear span length, respectively. As a result of tests, it was concluded that load capacity of the high strength reinforced concrete corbels increased an amount of 50% averagely as compared to the corresponding values before rehabilitation. Moreover, strengthening with basalt fiber fabric enhanced the ductility of corbels noticeably. Therefore, a preferable seismic performance of reinforced concrete corbels can be achieved with basalt fiber fabric even they are damaged due to both fire and overloading. Besides, the failure modes of the corbels before and after rehabilitation are summarized in Table 4. All of the corbels have the same failure pattern after repairing which is debonding between the basalt fiber fabric and the surface of corbels as shown in Fig. 5. Even different failure modes had been observed in the initial failure of the corbels, failure modes of all corbels after rehabilitation were debonding failure. This result can be attributed to the placement of the fabric in two directions which makes the fabric much more powerful leading to prevention of the tearing of the fabric.

Table. 4 Details of rehabilitated corbels

Name	Max. Carrying load before Rehabilitation PU (KN)	Max. Carrying load After Rehabilitation *PU (KN)	*PU/P U	Max. Deflection(mm) At Failure Load (Before the Rehabilitation)	Max. Deflection(mm) At Failure Load (After the Rehabilitation)	Mode of failure before the Rehabilitation	Mode of failure after the Rehabilitation
C0-80-0.0-14-250-90	268	292.5	1.09	0.744	4.443	Shear failure	De-bonding
C1-80-0.0-14-500-90	210	246.5	1.17	1.654	3.60	Diagonal splitting	De-bonding
C2-80-0.0-14-750-90	113	150	1.32	1.231	7.583	Shear failure	De-bonding

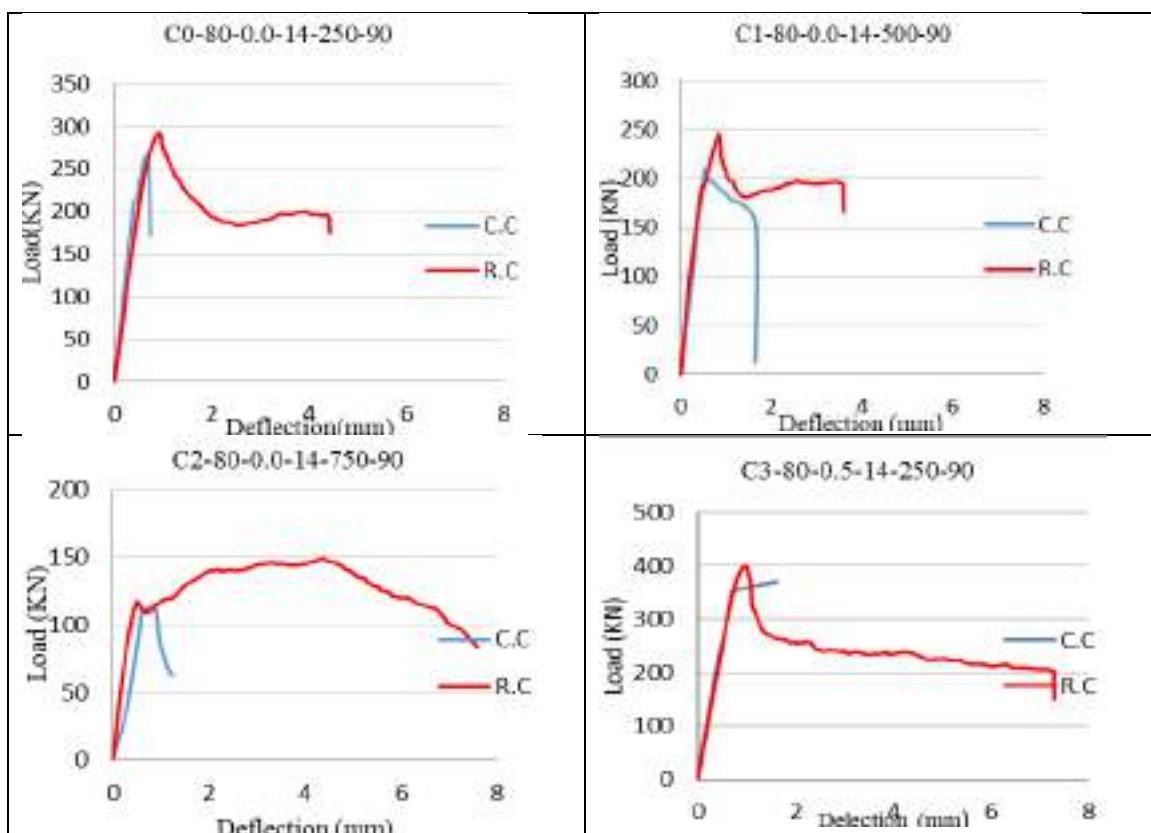
Table 4 Details of rehabilitated corbels (Continued)

C3-80-0.5-14-250-90	370	399.6	1.08	1.60	7.3	Shear failure	De-bonding
C4-80-0.5-14-500-90	251	262	1.04	2.309	6.292	Shear failure	De-bonding
C5-80-0.5-14-750-90	134	201	1.50	1.654	3.69	Shear failure	De-bonding
C6-80-1.0-14-250-90	382	430.3	1.13	2.048	6.125	Shear failure	De-bonding
C7-80-1.0-14-500-90	294	306	1.04	2.329	3.805	Shear failure	De-bonding
C8-80-1.0-14-750-90	183	187.5	1.02	1.68	6.886	Shear failure	De-bonding



**Figure 5.** Specimen with De-bonding failure

Figure 6 shows the Load-Deflection relationships that came from testing of injected corbels.



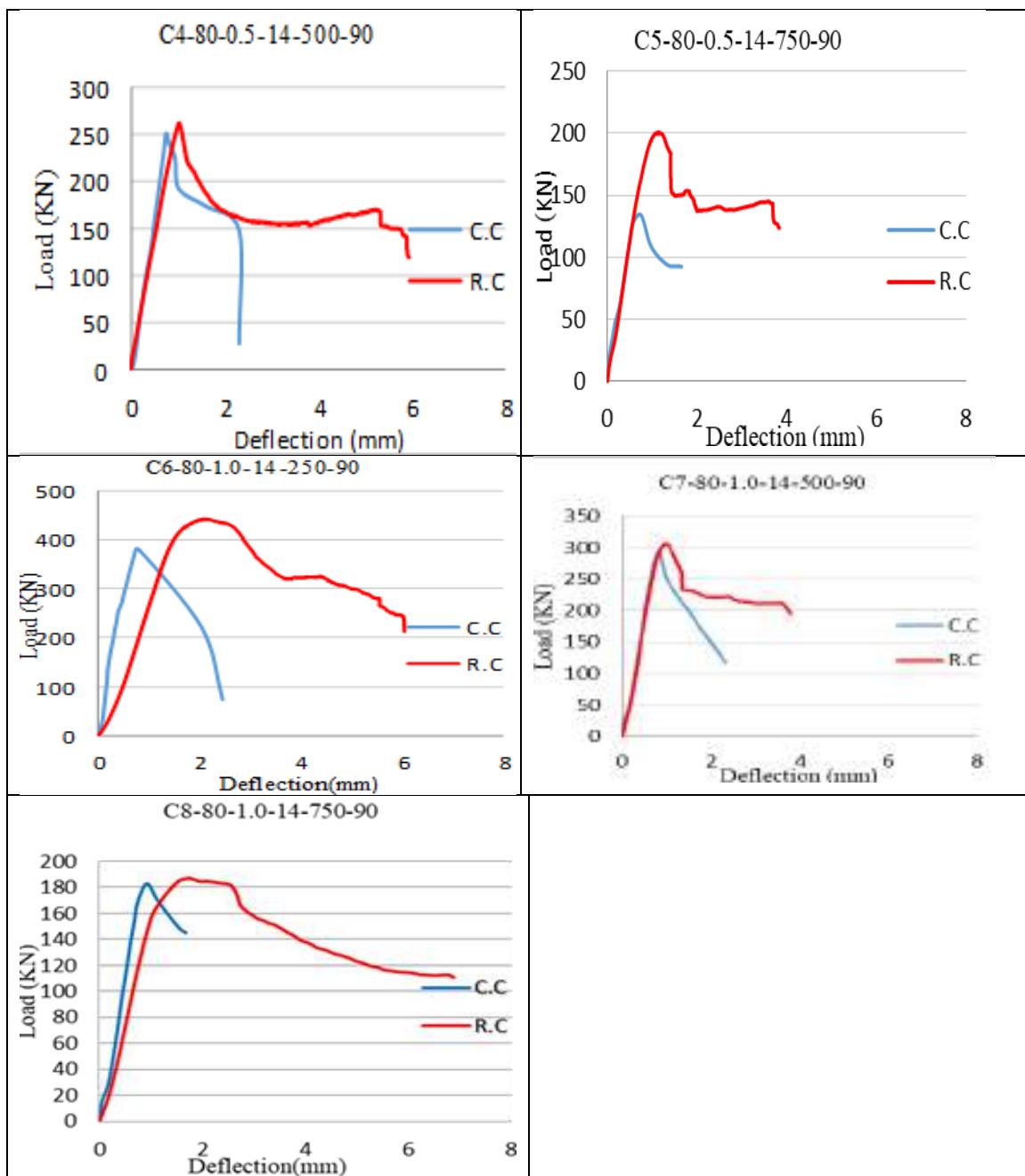


Figure 6 Load-deflection curves of rehabilitated corbels



## CONCLUSION

In this study, a new technique was investigated for the rehabilitation of damaged reinforced concrete corbels reinforced with or without steel fiber for the first time in literature. Damaged corbels due to exposure to high temperature and overloading were repaired by crack repair epoxy and strengthened by basalt fiber fabric (BFF). The effectiveness of the method was researched by vertical loading tests. In general, it is concluded that use of crack repair epoxy and basalt fiber fabric for the rehabilitation of damaged reinforced or steel fiber reinforced concrete corbels increases the original load capacity and ductility considerably.

The following conclusion can be estimated after the experimental study:

In general, rehabilitation with basalt fiber fabric increases the load capacity of corbels and it ensures restoring original load capacity of the corbels. Energy absorption capability and ductility for all the BFF-strengthened corbels increases. The existence of steel fiber plays an important role in the rehabilitation of high strength concrete corbels about ductility. It increases the effectiveness of the rehabilitation due to partial restoring of bridging effect of steel fibers. This situation leads to an economical solution for rehabilitation of corbels by using BFF. As a result of the study, it is also concluded that almost the same stiffness value of corbels before rehabilitation is achieved after rehabilitation of them with basalt fiber fabric. Moreover, the existence of a high number of micro and macro cracks in damaged corbels decreases the effectiveness of the proposed rehabilitation technique, especially an increase in the load capacity of them.

## RECOMMENDATIONS

As compared to the alternatives, basalt fiber fabric is one of the most economical and effective technique for the rehabilitation of reinforced concrete high strength corbels. The authors recommend that either use of bi-directional basalt fiber fabric or use of uni-directional fabric in two directions (horizontal and vertical) makes the proposed rehabilitation technique much more effective.

This study can be extended by the investigation of more economical solutions about the rehabilitation of damaged corbels. For instance, basalt fiber fabric can be cut into thin strips and these strips can be glued to the critical regions of the damaged corbels in which higher stresses and wider cracks were expected due to vertical loading.

## REFERENCES

- Ahmad, S., Elahi, A., Kundi, S., & Haq, W. (2013). Investigation of shear behavior of Corbel beams strengthened with CFRP. *Life Science Journal*, 10(12s). article.
- Corry, R. W., & Dolan, C. W. (2001). Strengthening and repair of a column bracket using a carbon fiber reinforced polymer (CFRP) fabric. *PCI Journal*, 46(1).
- Czigány, T., Vad, J., & Pölöskei, K. (2005). Basalt fiber as a reinforcement of polymer composites. *Periodica Polytechnica. Engineering. Mechanical Engineering*, 49(1), 3.
- Elgwady, M. A., Rabié, M., & Mostafa, M. T. (2005). Strengthening of corbels using CFRP an experimental program. *Cairo University, Giza, Egypt*.
- Erfan, A. M., Abdel-Rahman, G. T., Nassif, M. K., & Hammad, Y. H. (2010). Behavior of reinforced concrete corbels strengthened with CFRP fabrics. *Benha University*. article.



- Foster, S. J., & Malik, A. R. (2002). Evaluation of efficiency factor models used in strut-and-tie modeling of nonflexural members. *Journal of Structural Engineering*, 128(5), 569–577.
- Foster, S. J., Powell, R. E., & Selim, H. S. (1996). Performance of high-strength concrete corbels. *ACI Structural Journal*, 93(5), 555–563.
- Hwang, S.-J., & Lee, H.-J. (2002). Strength prediction for discontinuity regions by softened strut-and-tie model. *Journal of Structural Engineering*, 128(12), 1519–1526.
- Ivanova, I., & Assih, J. (2015). EXPERIMENTAL STUDY OF LOCAL BEHAVIOR OF STRENGTHENED REINFORCED CONCRETE SHORT CORBEL BY BONDING CARBON FIBER FABRICS. article.
- Ivanova, I., & Assih, J. (2015). Static and dynamic experimental study of strengthened inforced short concrete corbel by using carbon fabrics, crack path in shear zone. *Frattura Ed Integrità Strutturale*, (34). article.
- Ivanova, I., Assih, J., & Dontchev, D. (2016). Mechanical Pathologies of Reinforced and Damaged Concrete Corbels by Gluing Composite Carbon Fabrics Under Static and Dynamic Tests. In *Sustainable Construction* (pp. 185–211). incollection, Springer.
- Kumar, R. A., Selvamony, C., Seenii, A., & Sethuraman, T. R. (2015). Retrofitting Of RCC Piles By Using Basalt Fiber Reinforced Polymer (BFRP) Composite, Part: 1 Review Papers On RCC Structures And Piles Retrofitting Works. *International Journal of Technology Enhancements and Emerging Engineering Research*, 4(1), 103–115. article.
- Liu, Q., Shaw, M. T., Parnas, R. S., & McDonnell, A.-M. (2006). Investigation of basalt fiber composite mechanical properties for applications in transportation. *Polymer Composites*, 27(1), 41–48.
- Russo, G., Venir, R., Pauletta, M., & Somma, G. (2006). Reinforced concrete corbels-shear strength model and design formula. *ACI Structural Journal*, 103(1), 3.
- Toumi, B., Resheidat, M., Guemmadi, Z., & Chabil, H. (2009). Coupled Effect of High Temperature and Heating Time on the Residual Strength of Normal and High-Strength Concretes. *Jordan Journal of Civil Engineering*, 3(4), 322–330.
- Yong, Y.-K., & Balaguru, P. (1994). Behavior of reinforced high-strength-concrete corbels. *Journal of Structural Engineering*, 120(4), 1182–1201.



## RESULT REPORT OF PROJECT DRINKING, HOUSEHOLD AND INDUSTRIAL WATER DEMAND ASSESSMENT OF KİLİS PROVINCE

Yunus ÖZTÜRK  
Kilis 7 Aralık University  
[ynsemre@kilis.edu.tr](mailto:ynsemre@kilis.edu.tr)

**ABSTRACT:** In this research, current drinking and household water system of Kilis province has examined. This study aims to determine water consumption of each person in order to use current water resources more efficiently. Examination has also related to current water potentials, water supply line, water storages and distribution lines. The water (household and drinking) usage of the city of Kilis is supplied by domestic and wells in the city. The water, supplied from underground and ground resources is used in residence, public corporation, business and industrial sectors. Measurable and unmeasurable water amounts distributed to city are compared then water usage amounts rated to population which is important parameter of estimation of water usage in order to find water usage per capita in Kilis. Finally, water consumption per capita is expected to be around 171lt/day (gross) 79 lt/day (net) with a roughly around 53 % losses.

**Key words:** Kilis province, Drinking and household water, Water need, Water losses, Water supplying



## THE ANALYSIS OF TAŞKÖPRÜ WHICH IS LOCATED IN PROVINCE OF ADANA FROM THE POINT OF TODAY'S ENGINEERING CRITERIA

Yunus ÖZTÜRK  
Kilis 7 Aralık University  
[ynsemre@kilis.edu.tr](mailto:ynsemre@kilis.edu.tr)

**ABSTRACT:** For centuries the bridges have become a significant transportation network that makes human life easier. The historic Taşköprü which was built in Adana centuries ago, has a place in both in terms of era's strategic importance and engineering criteria. Old structures like Taşköprü requires repair and maintenance that are proper for today's conditions at specific times. This study discusses the work of repair and maintenance which was performed in 2008 without endamaging Taşköprü's historic fabric.

**Key words:** Taşköprü, Adana, Historic



## URBANISATION IN TURKEY WITH A CASE OF ŞANLIURFA PROVINCE

Yunus ÖZTÜRK  
Kilis 7 Aralık University, [ynsemre@kilis.edu.tr](mailto:ynsemre@kilis.edu.tr)

### KENTSEL DÖNÜŞÜM VE ŞANLIURFA İLİ ÖRNEĞİ

**ÖZET:** Son yıllarda kentler, nüfusun artması, sosyal gelişimdeki yetersizlikler, doğal afetler, savaşlar ve yer seçim hataları gibi birçok nedenden dolayı yenilenmeye ihtiyaç duymaktadır. Günümüzde kentsel yenilenme gibi kenti daha iyi duruma getirmek için yapılan çalışmalar “Kentsel Dönüşüm” adı altında gerçekleştirilmektedir. Kentsel dönüşüm uygulamaları, kentlerin yıkıntı bölgesi ve sefalet yuvası haline gelmiş alanlarının daha sağlıklı ve yaşanabilir alanlara dönüştürülmesi için uygulanmaktadır. Şehrin büyümesi ile şehir içinde kalan sanayi alanlarının, şehir dışına taşınması sonucu boşalan alanların toplum yararına düzenlenmesi gibi nedenler kentsel dönüşüme ihtiyacı artırmaktadır. Bu çalışmada Şanlıurfa ili kentsel dönüşüm uygulama alanları ve uygulama yöntemleri literatür taraması yapılarak incelemiştir.

**Anahtar sözcükler:** Kentsel Dönüşüm, Şanlıurfa



## WATER MANAGEMENT IN TURKEY WITH A CASE STUDY OF GAZİANTEP PROVINCE

Yunus ÖZTÜRK  
Kilis 7 Aralık University, [ynsemre@kilis.edu.tr](mailto:ynsemre@kilis.edu.tr)

### TÜRKİYEDE KENTSEL SU YÖNETİMİ VE GAZİANTEP ÖRNEĞİ

**ÖZET:** Dünyada kentsel nüfus hızla artmaktadır. İnsanların yaşadığı bölgeye kaynaktan temiz su temini sağlanabilmesi, kaynakların korunması, bilinçli su tüketimi için su yönetim şekilleri ortaya çıkmıştır. Dünya üzerinde su yönetimi iki temel bakış açısı üzerinde durmuş ve suyu ticari mal olarak kullanılması ve kullanan öder düşüncesi benimsenmiştir. Sağlıklı su hizmeti sunma maliyetleri metropoliten alanlarda nüfusun hızla artıyor olması ile su kaynaklarından uzaklaşmasına paralel olarak yükselme eğilimindedir. Türkiye'de kentsel su yönetimi kamu kuruluşları tarafından gerçekleştirilmektedir. Ulusal çapta su yönetiminin Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü sorumludur. Kentsel bölgelerde su yönetimi is İller Bankasına ve belediyelere verilmiştir. Metropoliten alanlarda su yönetimi için farklı model arayışları sonucu Büyükşehir Belediyesi modeli ortaya çıkmış ve İSKİ modeli dönemine girilmiştir. Gaziantep kentsel su yönetimi ile ilgili kurum GASKİ Genel Müdürlüğüdür. Bu kapsamda tez çalışmasında Gaziantep örneği kullanılmıştır.

**Anahtar sözcükler:** Gaziantep, Gaski Genel Müdürlüğü, İski modeli



## EXAMINATION OF RISK FACTORS IN TURKEY HIGHWAYS BY THE EXAMPLE OF GAZİANTEP-KİLİŞ PROVINCES

Yunus ÖZTÜRK  
Kilis 7 Aralık University, [ynsemre@kilis.edu.tr](mailto:ynsemre@kilis.edu.tr)

**ABSTRACT:** Traffic accidents are one of the issues occupying our country is constantly on the agenda. Although a topic much discussed and solutions sought to produce, it is seen not achieved the desired success in terms of accidents can be reduced. Traffic accidents are a result of many factors junction occurs. For this purpose, the last 4 years in the Gaziantep-Kilis highway occurring in the mortal and the effects of accidents examined injury accidents are driver, passenger, pedestrian, vehicle and road factors were analyzed, affected by the accident and identified factors affecting the accident and has offered solutions based on these factors. Risk factors in the Gaziantep-Kilis road in this study were analyzed by a scientific perspective.

**Key words:** Highways, Gaziantep, Kilis, Accidents



## PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF ACTIVATED CARBON FROM WOODY BIOMASS BY CHEMICAL ACTIVATION

Funda ATEŞ\*

\*<sup>1</sup>Anadolu University, Department of Chemical Engineering, Eskişehir, TURKEY

e-mail: [fdivrikl@anadolu.edu.tr](mailto:fdivrikl@anadolu.edu.tr)

Öznur ÖZCAN

<sup>2</sup> Graduate School of Sciences, Yunusemre Campus, Anadolu University, Eskisehir, Turkey, email: Oznur\_ozcan87@hotmail.com

**ABSTRACT:** Pyrolysis is one of the most common thermochemical conversion of biomass to synthetic fuel, gas and char. During pyrolysis, raw material is heated in the absence of air or oxygen and breaks down into a complex mixture of liquids, gases and char. Pyrolysis is called as carbonization, if the aim is to produce of activated carbon. Carbonization is different into two ways from pyrolysis: heating rate and retention time. Heating rate is high and retention time is low in the pyrolysis process. However, these two parameters is vice versa in the carbonization process. The volatiles of the samples decreases, thus pores are formed in carbonization. Woody biomass is in the form of cut branches and twigs, wood chip and bark, and pellets made from sawdust and other residues. Woody biomass is the source of over 10% of all energy supplied annually. Overall woody biomass provides about 90% of the primary energy annually sourced from all forms of biomass [1]. In this study, poplar sawdust has been investigated as an alternative woody biomass to produce activated carbon. Activated carbons were prepared by chemical activation using ZnCl<sub>2</sub>. The influence of carbonization temperatures ranging from 500 °C to 800 °C, and mass ratio of chemical agent to precursor (1:1 and 2:1) on the porosity of activated carbons were studied. The properties of the carbons were characterized by adsorption/desorption of nitrogen to determine the BET areas and scanning electron microscopy (SEM).

As a result of the experimental studies, positive results were obtained, and the production of activated carbon with a high surface area was conducted.

**Keywords:** Biomass, Chemical activation, Carbonization, Activated carbon

### References

- [1] Bioenergy, World Energy Resources World Energy Council, 2016.



## TECHNO-ECONOMIC ANALYSIS OF HORIZONTAL GROUND SOURCE HEAT PUMP IN TURKEY; SIMAV CASE STUDY

Mesut YAZICI

Department of Energy Systems Engineering, Dumlupınar University, Kütahya, Turkey

[mesut.yazici@dpu.edu.tr](mailto:mesut.yazici@dpu.edu.tr)

M. Arif ÖZGÜR<sup>a</sup>, Ramazan KÖSE<sup>a</sup>, Onur KOŞAR<sup>b</sup>, Oğuz Ozan YOLCAN<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Department of Mechanical Engineering, Dumlupınar University, Kütahya, Turkey

<sup>b</sup> Department of Energy Systems Engineering, Dumlupınar University, Kütahya, Turkey

[arif.ozgur@dpu.edu.tr](mailto:arif.ozgur@dpu.edu.tr), [ramazan.kose@dpu.edu.tr](mailto:ramazan.kose@dpu.edu.tr), [onur.kosar@dpu.edu.tr](mailto:onur.kosar@dpu.edu.tr),

[oguzozan.yolcan@dpu.edu.tr](mailto:oguzozan.yolcan@dpu.edu.tr)

**ABSTRACT:** In this study, techno-economic analysis of horizontal ground source heat pump is carried out for Simav county of Kütahya province of Turkey in order to demonstrate the feasibility of a ground source heat pump system against to conventional heating systems. Four different refrigerants (R22, R134a, R407c, and R410a) are selected as a user-defined design parameter and they are investigated for heating season. According to their results, R22 demonstrates best performance in terms of both COP<sub>heating</sub> and COP<sub>system</sub>. COP<sub>heating</sub> and COP<sub>system</sub> for R22 are calculated as 3.97 and 3.81, respectively. In cost analysis of GSHPS for lifetime of 20%, LCC method was used and payback period of GSHPS against conventional heating systems was calculated. According to results, horizontal GSHPS is cost effective for the heating season and it can be an efficient alternative to conventional heating system for Simav.

**Key words:** heat pumps, LCC, NPV, payback period, Turkey

### INTRODUCTION

Natural gas was preferred intensely with increasing its popularity in space heating all around the world in recent years. However, conventional fuel such as coal and fuel-oil was used still in many places where natural gas did not distribution. Efficiently using energy in buildings is crucial due to reasons such as releasing harmful emissions to atmosphere of this fuels lead to global warming and also increasing demand on energy supply [1-3].

In this situation, GSHPS will be an applicable solution [4]. GSHPS technology became popular due to its advantages such as high efficiency, friendly with environment and energy saving in the world [5, 6]. In GSHPS, being at a constant temperature of ground during a year was benefited. Moreover, this technology based on the truth that ground is warmer than air in the heating season while the ground is colder than air in the summer season [7].

Two main configurations of GHE such as horizontal and vertical ground-loop heat exchanger are used in GSHPS [8]. In preference will have been between this two type ground heat exchanger, garden area of building which applied GSHPS and excavation cost will be decisive. Particularly, configurations with vertical type are more efficiently and require less excavation area [9]. However, compared excavations cost of horizontal trenches with drill cost of vertical borehole at GSHPS applications is more cost effective

[10]. Therefore, horizontal type configurations will be more attractive in terms of excavations cost, if surroundings of the building have enough area.

Up to the present, numerous both experimental [11-19] and theoretic [20-23] studies on GSHPS were carried out. Moreover, a number of experimental and theoretic studies which investigated to the performance of GHE which play an important role in extract heat from the ground were carried out [24-26].

Blum et al. [27] investigated that factors such as climate and geology impact on thermal performance and design of vertical type GSHPS in terms of technical and economic. Sivasakthivel et al. [28] investigated that structure of ground impact on initial installation cost of vertical type GSHPS for Himalayan cities of India. Besides, economic and environmental suitability of GSHPS were examined. In this study, they carried out using RETScreen software estimation such as investment cost, payback period and technical viability with respect to GSHPS. Morrone et al. [29] investigated over 20 years performance of GSHPS system by using PILESIM2 software for cold and mild climate conditions in terms of technical and economic. With this study, they found out that attaining profit in mild climate conditions is more difficult than cold climate conditions. Desideri et al. [30] investigated the efficiency of GSHPS and they found out that COP is 4.9 for the heating season. Moreover, they compared GSHPS, which designed for heating system of a residential building, with CHS in terms of operational and initial installation cost. Esen et al. [31] investigated experimental performance and economic analysis of horizontal type GSHPS. They carried out the economic analysis by comparing horizontal type GSHPS with CHS. According to their analysis, GSHPS offered economic advantages against CHS such as fuel oil, LPG, coal, oil and electricity resistance, but it was not economic against natural gas.

## MATERIAL AND METHODS

As a place near Simav district of Kütahya was determined the place of the heating project and was shown in Figure 1. With reaching a temperature up to 162°C, a geothermal area in this district is one of the most extensive geothermal fields in Turkey [32]. Simav has a transition climate condition between Mediterranean climate and terrestrial climate. Therefore, the summer season is hot and dry while winter season is cold and rainy [33]. The outdoor temperature about -9°C was accepted for coldest month in heating season.



Figure 4. (a) Locate of Kütahya on Turkey Map, (b) Locate of Simav in Kütahya Region.

Although geothermal energy source is used for heating in many place of Simav during heating. Conventional fuels such as coal, wood and fuel oil are used for heating rest of district. In comparison with geothermal energy, conventional fuels are more costly and it's polluting the air releasing harmful emissions into the atmosphere.

For techno-economic analysis of GSHPS, as a residential building which has an interior surface area of 150 m<sup>2</sup> and a garden of 2000 m<sup>2</sup> was determined. Garden of the building has big enough area for horizontal type GHE. Therefore, to horizontal type GHE application was decided for GHE. Floor plans of the building were shown in Figure 2.

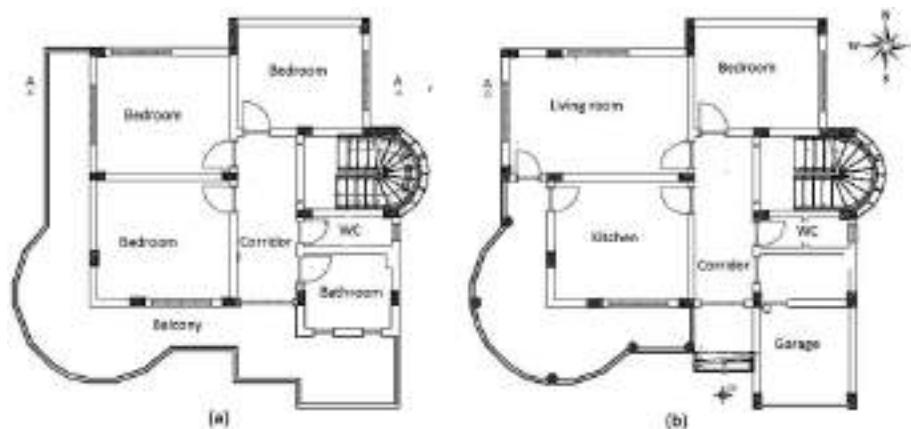


Figure 5. (a) First Floor Plan of Building, (b) Ground Floor Plan of Building.

Heating load of each room of building in accordance with DIN 4701 standard was calculated and total heating load was found out. As a result of calculations, total heating load of building was found out as 15.7 kW. This value also contains hot water of 0.5 for domestic using. Heating system of building which was shown in Fig.3 mainly consists of 3 main sections; GHE current, heat pumps current and radiator current.

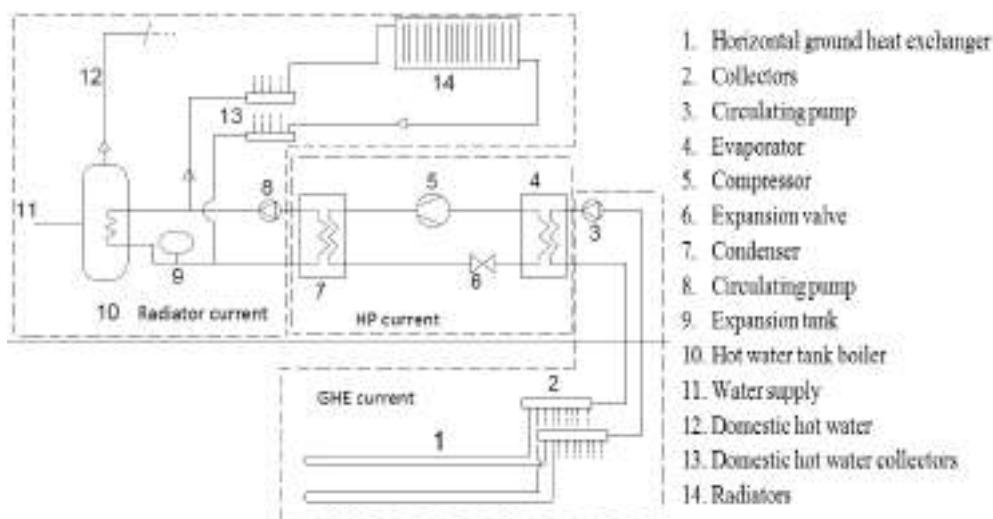


Figure 6. Schematic Descriptions of Horizontal GSHPS

20% mono ethylene-water mixture was used as antifreeze solution in GHE current which extracted heat whereas fresh water was used as heat carrier fluid in radiator current.



Radiator current same in GSHPS and CHS; therefore, initial installation cost of radiator current was added to total investment cost.

For designed of HP current, first of all, refrigerant was determined. For this, thermal performances of four different refrigerants were investigated and R22 demonstrates best performance amongst refrigerants; therefore, using of R22 in HP current was decided. For this analysis, DuPONT Refrigerant Expert 4.0 [41] and SOLKANE Software 8.0 [42] were used. This software analyzes thermal performance of refrigerants in accordance with vapor compression refrigeration cycle. Performances of refrigerants were given Table 1.

**Table 1. Performances of Refrigerants (R22, R134a, R407c, R410a)**

	<i>R22</i>	<i>R134a</i>	<i>R407c</i>	<i>R410a</i>
$\dot{Q}_{\text{con.}}(\text{kW})$	15.7	15.7	15.7	15.7
$\dot{Q}_{\text{eva.}}(\text{kW})$	11.8	11.7	11.6	11.3
$\dot{W}_{\text{comp.}}(\text{kW})$	3.97	4	4.12	4.41
COP <sub>heating</sub>	3.97	3.92	3.81	3.56
COP <sub>sys.</sub>	3.81	3.78	3.69	3.44
$\dot{m}_{\text{fluid}}(\text{kg/s})$	0.084	0.092	0.083	0.085

After the determination of refrigerant, choice of HP current components such as compressor, condenser and evaporator i.e. working in accordance with this refrigerant was carried out. Technical features of HP current components were given in Table 2.

**Table 2. Characteristic Features of Components of GSHPS**

System Member	Characteristics
<b>HP Current</b>	
Compressor	Daikin scroll compressor; heating capacity: 16.78 kW; refrigerant: R22; (380V-50 Hz-3 phases)
Evaporator	OR-FA Shell&Tube evaporator of 12.54 Kw; heat transfer area: 1,8 m <sup>2</sup> , thermal conductivity: 991 W/m <sup>2</sup> K
Condenser	OR-FA Shell&Tube Condenser of 17.37 kW, heat transfer area 2.16 m <sup>2</sup> , Thermal conductivity 1166 W/m <sup>2</sup> K
Expansion Valve	Parker-Sporlan; nominal capacity:18 kW; inlet/outlet diameter: 3/8" / 38"
Refrigerant	DUPONT R22
<b>GHE Current</b>	
Pipe type of GHE	Kuzey pipe polyethylene SDR-11 pipe, inlet/outlet diameter 20/26 mm
Circulating Pump	WILO RS 25/4; pump power: 74 Watt (220 V); max. Volumetric flow: 3 m <sup>3</sup> /h; max. operational pressure: 10 bar
Antifreeze solution	%20 mono ethylene glycol- water mixture

#### Design of Ground Heat Exchanger (GHE)

Heating load of a building was supplied from the ground for heating season. Round of building has enough area so configuration of GHE will be horizontal type. Moist clay soil structure was accepted ground due to building located on dried lake surface building which applied GSHPS locates near lake; thus, as moist clay was accepted structure of ground.



In such studies, factors such as the inlet temperature of water, mass flow of anti-freeze, embedding depth of GHE, thermal characteristics and length of GHE impact on thermal performance of GHE which buried to ground within GSHPS [35]. According to this, characteristic features of ground, using pipes and antifreeze fluid were given by Table 3.

Trenches are excavated for embedding to the ground of horizontal type GHE. Generally trenches have depths which change between 1 m and 2 m [37]. In the presented study, as 1.6 m was accepted depth of ground.

**Table 3. Characteristic Features of Components of GHE Current and Ground**

Element	Values
Temperature of Ground	+8°C [34]
Specific Heat of Ground	20-30 W/m <sup>2</sup>
Thermal conductivity of Ground	1.3 W/m°C [36]
Length of Pipe	742.2 m
Pipe clearance	0.7 m <sup>2</sup> /m [34]
Inlet Diameter of Pipe	20 mm
Outlet Diameter of Pipe	23 mm
c <sub>p</sub> of Antifreeze	3.89 kJ/kg.K
Thermal conductivity of Antifreeze	0.509 W/m.K
Density of Antifreeze	1034.5 kg/m <sup>3</sup>
Mass flow of Antifreeze	0.42 L/s

### Thermal Performance Analysis of GSHPS

Thermal performance analysis of GSHPS in accordance with vapor compression refrigeration cycle was carried out. Mass flow of R22 which is flowing in HP current was calculated by using Eq. 1,

$$\dot{m}_{R22} = \dot{Q}_{con.}/(h_3 - h_4) \quad (1)$$

Extracted heat from evaporator was calculated by using Eq. 2,

$$\dot{Q}_{eva.} = \dot{m}_{R22}(h_6 - h_5) \quad (2)$$

R22 which extracted heat from evaporator goes to condenser rising pressure in compressor. Work in compressor was calculated by using Eq. 3,

$$\dot{W}_{comp.} = \dot{m}_{R22}(h_1 - h_2) \quad (3)$$

COP<sub>heating</sub> of GSHPS was calculated by using Eq. 4,

$$COP_{heating} = \dot{Q}_{con.}/\dot{W}_{comp} \quad (4)$$

COP<sub>sys</sub> was calculated by using Eq. 5,



$$COP_{sys} = \dot{Q}_{con.}/(\dot{W}_{circ.pump1} + \dot{W}_{comp.} + \dot{W}_{circ.pump2}) \quad (5)$$

### Cost Analysis of GSHPS

For an economic analysis of designed GSHPS was used Life Cycle Cost (LCC) method. In operational cost calculation for lifetime of 20 years, NPV method was used.

For an economic analysis of GSHPS, first of all, annual fuel consumption of GSHPS and CHS was calculated meeting necessary heating load of the building during the heating season. Electricity consumption of GSHPS was calculated by using Eq. 6 for heating season [18].

$$FC_A = \frac{Q_{AHL}}{COP_{System}} \quad (6)$$

Annual fuel consumption of the CHS was calculated by using Eq. 7 [18].

$$FC_A = \frac{3600.Q_{AHL}}{HV.\eta_k} \quad (7)$$

Initial installation cost of GSHPS consisted of compressor cost, evaporator cost, condenser cost, excavation cost, GHE cost and another cost such as water and anti-freeze mixture cost, refrigerant cost and assistive devices of heat pump. Initial installation cost of GSHPS was calculated by using Eq. 8,

$$I_{ini.ins.} = I_{comp.} + I_{exchan.} + I_{exca.} + I_{pipe} + I_{other} \quad (8)$$

Maintenance cost meets 2% of initial investment cost was accepted [18]. In cumulative operational cost calculation of GSHPS and CHS for using a lifetime of 20 years, NPV method was used. NPV was calculated by using Eq.9,

$$NPV = \sum_{k=1}^N \frac{I_{ope.}}{(1+r)^k} \quad (9)$$

In operational cost calculation of GSHPS and CHS, NPV was calculated for each discount rate (%2, %5 and %8). Life cycle cost of GSHPS and CHS were calculated by using Eq. 10 for 20 years operational life [39],

$$LCC = I_{ini.ins.} + NPV + I_{maint.} \quad (10)$$

The payback period of GSHPS was calculated by using Eq. 11,

$$LCC_{CHS.} - LCC_{GSHPS.} = (I_{ope.CHs.} - I_{ope.GSHPS.}) \frac{[(1+e)/(1+d)]^p - 1}{1 - (1+e)/(1+d)} \quad (11)$$

In payback period calculation of GSHPs, interest rate (d) and escalation rate of electricity (e) are 7,25% [40] and 4% [39], respectively.

## RESULTS AND FINDINGS

HP current runs in accordance with vapor compression refrigeration cycle. According to this cycle, the refrigerant which takes 7 °C temperatures from antifreeze solution which transfers heat from ground to evaporator enters to the compressor in HP current. The temperature of the refrigerant which is compressed by compressor reaches to 94.83 °C. In the meantime, pressure of refrigerant reaches from 514 kPa to 2175 kPa in compressor. After the refrigerant gives heat to fresh water in radiator current, it leaves at 55°C from condenser. Pressure and temperature of refrigerant which enters expansion valve decrease to 514 kPa and 1°C in outlet of expansion valve, respectively; consequently, a cycle is completed in heat pump (Table 4). According to thermal performance analysis, for heating load of 15.7 kW of building heat of 11.8 kW from ground was extracted. COP<sub>heating</sub> and COP<sub>sys</sub> are 3.97 and 3.81, respectively.

**Table 4. Thermodynamic Values of Refrigerant in Vapor Compression Refrigeration Cycle**

State	Process	Material	Temperature (°C)	Pressure (kPa)	Enthalpy (kJ/kg)
1	Compressor inlet	R22	8	514	410.47
2s	Compressor outlet	R22	84.66	2175	448.23
2	Compressor outlet	R22	94.83	2175	457.67
3	Condenser inlet	R22	94.83	2175	457.67
4	Condenser outlet	R22	55	2175	270.07
5	Evaporator inlet	R22	1	514	270.07
6	Evaporator outlet	R22	8	514	410.47

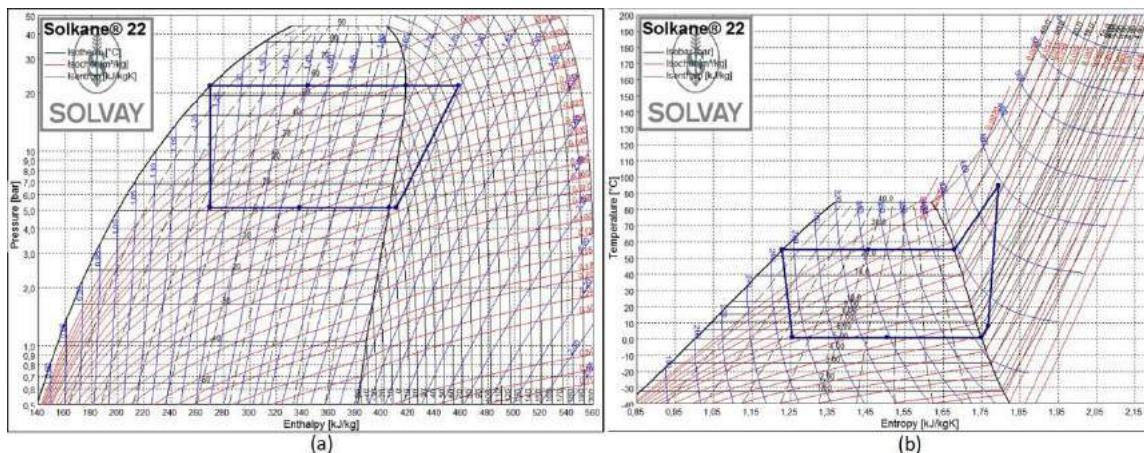


Figure 7. Thermal Performance of R22 in HP Current (a) P-h Diagram, (b) T-s Diagram

Annual electricity and fuel consumption of designed GSHP and CHS were determined by using Eq.6 and Eq.7 for heating season. Using unit price of electricity, coal and fuel oil are 0.103 US\$/kWh [38], 254.43 US\$/Ton [43] and 0.789 US\$/kg [44], respectively.

Table 5. Annual Operational Cost Values for Various Heating Systems

Heating System	Lower Value[18]	Heating consumptions	fuel	Unit price of fuel	Annual operational cost
GSHP	3601 kJ/kWh	11389.4 kWh		0.103 US\$/kWh	1173.10 US\$
Coal	29308 kJ/kg	8544.6 kg		254.43 US\$/Tons	2173.84 US\$
Fuel-oil	41345 kJ/kg	4921.3 kg		0.789 US\$/kg	3382.9 US\$

In annual operational cost was examined, that saved money of GSHP system against coal and fuel-oil is 1000.7 \$ and 2209.8 \$, respectively. While heating performance of GSHPS in terms of cost is 0.04 \$/m<sup>2</sup>day, coal and fuel oil are 0.079 \$/m<sup>2</sup>day and 0.14 \$/m<sup>2</sup>day, respectively. Annual operational cost values for various heating systems were given by Table 5.

At the calculation of initial installation cost, real price which received from supplier companies was accepted for all elements of both GSHP system and conventional heating system [45-47]. In comparison to initial investment cost of CHS such as coal and fuel oil, GSHP was more costly .Because GSHP system is comprised of more component than CHS. Excavated ground which extracted heat and length of heat exchanger pipes increased initial investment cost in GSHP system. Buying share at initial investment cost of GSHP system is shown Fig. 6. According to that, condenser and evaporator cost in refrigerant fluent current have a significant proportion of 48%. In anti-freeze current which extracted heat from ground, total rate of excavation and pipe system cost is 29%.

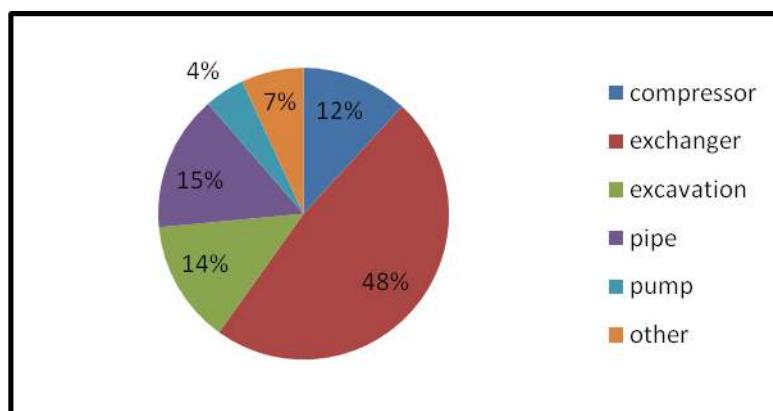


Figure 5. Proportion of Components of GSHPS in Initial Investment Cost

At the calculation, radiator current of heating system is same for both GSHP and CHS so radiator current cost did not add to initial installation cost [29]. In the initial installation and operational cost analysis, exchange rate was taken value that \$ was as 3.38 TL in 21.11.2016 [48]. Initial installation cost of GSHPS, coal and fuel oil are 2984.52 \$, 718.9 \$ and 2173.84 \$, respectively.

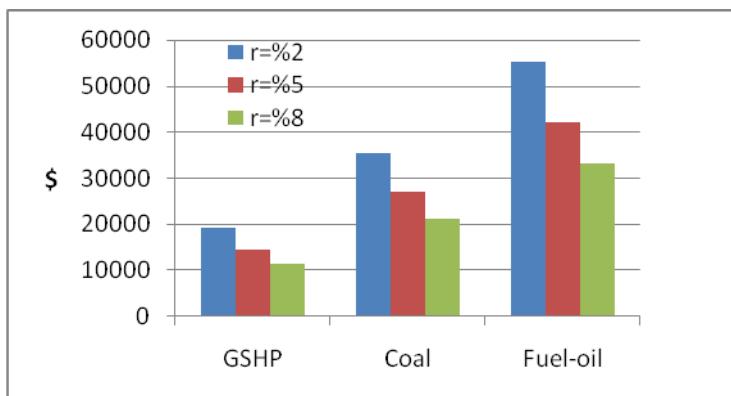


Figure 6. NPV of GSHP System for Life Cycle of 20 Year

NPV of operational cost of GSHP system and CHS such as coal and fuel oil was calculated each discount rate 2%, 5% and 8% during 20 year operational life (Figure 5, Table 7). As discount rate was increased, NPV decreased for both GSHP system and CHS.

In payback period calculation of GSHP system, while total investment cost of GSHP system was accepted as expenditure, attained first year saving against CHS was accepted as income. Payback period of GSHP system for 2%, 5% and 8% discount rate was calculated and showed in Table 6

Table 6. NPV and Payback Period for Different Discount Rate

	r=%2			r=%5			r=%8		
	NPV	LCC	PBP	NPV	LCC	PBP	NPV	LCC	PBP
<b>GSHP</b>	18064.57	22226.08	-	13767.88	17663.63	-	10846.79	14551.88	-
<b>Coal</b>	35545.40	36278.68	18	27090.85	27824.13	11.9	21343.08	22076.36	8.4
<b>Fuel-oil</b>	55315.26	57290.39	21.3	42158.41	44133.54	14.6	33213.81	35188.94	10.8

The payback period of GSHPS against coal for 2%, 5% and 8% discount rate are 18, 12 and 9.3 years, respectively. Besides, payback period of GSHPS against fuel oil for 2%, 5% and 8% discount rate are 21.3, 14.7 and 10.8, respectively.

## CONCLUSION

In this study, theoretically techno-economic analysis of GSHPS was investigated for a residential building near Simav. Thermal performances of four different refrigerants were analyzed for HP current. As a result of investigation, COP<sub>heating</sub> ve COP<sub>system</sub> of R22 amongst refrigerants were 3.97 and 3.81, respectively. Moreover, R22 demonstrates best thermal performance.

In comparison with CHS in terms of annual operational cost, GSHPS was lower cost. According to this result, crucial point is that heat source for GSHPS is free but to electricity consumption of compressor and circulating pump which pumped antifreeze solution from GHE current were paid. When initial installation cost of heating systems was examined, GSHPS was higher cost than CHS. The reason of this, excavation cost and heat exchanger pipes cost for GHE are 29% of initial installation cost of GSHPS.



In analyzing the operational lifetime of 20 years of GSHPS, as discount rate was increased, NPV of operational cost was decreased. Similarly, as discount rate was increased, payback period was decreased. Although initial investment cost of GSHPS is higher than CHS, annual operational cost of GSHP is lower and most friendly with environment than CHS; therefore, GSHPS is an alternative heating system to geothermal heating system against CHS such as coal and fuel oil for Simav.

## NOMENCLATURE

b	Payback Period	k	Year
CHS	Conventional Heating Systems	LCC	Life Cycle Cost
COP <sub>sys</sub>	Overall Coefficient of Performance of the System	LCC <sub>CHS</sub>	Life Cycle Cost of CHS
COP <sub>hp</sub>	Coefficient of Performance of the Heat Pump	LCC <sub>GSHPS</sub>	Life Cycle Cost of GSHPS
d	Interest Rate	m <sub>fluid</sub>	Mass Flow of Refrigerant
DIN	German Institute for Standardization	m <sub>R22</sub>	Mass Flow of R22
GHE	Escalation Rate	NPV	Net Present Value
HP	Annual Fuel Consumption	Q <sub>AHL</sub>	Annual Heating Load
HV	Ground Heat Exchanger	Q <sub>con.</sub>	Rejection of Heat to Building
I <sub>excav.</sub>	Heat Pump	Q <sub>eva</sub>	Heat Extraction Rate From Ground
I <sub>exchan.</sub>	Lower Heating Value	PBP	Payback Period
I <sub>comp.</sub>	Excavation Cost	r	Discount Rate
I <sub>ini.ins.</sub>	Exchanger Cost	W <sub>circ.pump1</sub>	Work from Circulation Pump 1
	Compressor Cost	W <sub>circ.pump2</sub>	Work from Circulation Pump 2
	Initial Installation Cost	W <sub>comp</sub>	Work from Compressor
I <sub>maint.</sub>	Maintenance Cost	η <sub>k</sub>	Average Efficiency
I <sub>ope.</sub>	Operational Cost		
I <sub>ope.GSHPS</sub>	Operational Cost of GSHPS		
I <sub>ope.CHS</sub>	Operational Cost of CHS		
I <sub>others</sub>	Other Costs		
I <sub>pipe</sub>	Pipe Cost		

## REFERENCES

- [1] Huang, S., Zhenjun, M., Wang, F. (2015). A multi-objective design optimization strategy for vertical ground heat exchangers. *Energ. Buildings*, 87, 233-242
- [2] Wiryadinata, S., Modera, M., Jenkins, B., Kornbluth, K. (2016). Technical and economic feasibility of unitary, horizontal ground-loop geothermal heat pumps for space conditioning in selected California climate zones. *Energ. Buildings*, 119, 164-172
- [3] Hepbasli, A., & Balta, T.M. (2007). A study on modeling and performance assessment of a heat pump system for utilizing low temperature geothermal resources in buildings. *Build. Environ.*, 42, 3747-3756
- [4] Sivasakthivel, T., Murugesan, K., Thomas, R.H. (2014). Optimization of operating parameters of ground source heat pump system for space heating and cooling by taguchi method and utility concept. *Appl. Energ.*, 116, 76-85



- [5] Yuan, Y., Cao, X., Sun, L., Lei, B., Yu, N. (2012). Ground source heat pump system : A review of simulation in China. *Renew. Sust. Energ. Rev.*, 16, 6814-6822
- [6] Yang, W. (2013). Experimental performance analysis of a direct-expansion ground source heat pump in Xiangten, China. *Energy*, 59, 334-339
- [7] Zhai, X.Q., & Yang, Y. (2011). Experience on the application of a ground source heat pump system in an archives building. *Energ. Building*, 43, 3263-3270
- [8] Chong, S.S.A., Gan, G., Verhoef, A., Garcia, R.G., Vidale, P.L. (2013). Simulation of thermal performance of horizontal slinky-loop heat exchangers for ground source heat pumps. *Appl. Energ.*, 104, 603-610
- [9] Adamovsky, D., Neuberger, P., Adamovsky, R. (2015). Changes in energy and temperature in the ground mass with horizontal heat exchangers- The energy source for heat pumps. *Energ. Buildings*, 92, 107-115
- [10] Fujii, H., Nishi, K., Komaniva, Y., Chou, N. (2012). Numerical modeling of slinky-coil horizontal ground heat exchangers. *Geothermics*, 41, 55-62
- [11] Ndiaye, D. (2016). Reliability and performance of direct-expansion ground-coupled heat pump systems: Issues and possible solutions. *Renew. Sust. Energ. Rev.*, 66, 802-814
- [12] Go, G.H., Lee, S.R., Yoon, S., Kim, M.J. (2016). Optimum design of horizontal ground-coupled heat pump systems using spiral-coil-loop heat exchangers. *App. Energ.*, 162, 330-345
- [13] Esen, H., Inalli, M., Esen, M. (2007). Numerical and experimental analysis of horizontal ground-coupled heat pump system. *Build. Environ.*, 42, 1126-1134
- [14] Luo, J., Rohn, J., Bayer, M., Priess, A. (2013). Modeling and experiments on energy loss in horizontal connecting pipe of vertical ground source heat pump system. *Appl. Therm. Eng.*, 61, 55-64
- [15] Gonzales, R.G., Verhoef, A., Vidale, P.L., Main, B., Gan, G., Wu, Y. (2012). Interactions between the physical soil environment and a horizontal ground coupled heat pump, for a domestic site in the UK. *Renew. Energ.*, 44, 141-153
- [16] Hepburn, B.D.P., Sedighi, M., Thomas, H.R., Manju. (2016). Field-scale monitoring of a horizontal ground source heat system. *Geothermics*, 61, 86-103
- [17] Inalli, M., & Esen, H. (2004). Experimental thermal performance evaluation of a horizontal ground source heat pump system. *Appl. Therm. Eng.*, 24, 2219-2232
- [18] Pulat, E., Coskun, S., Unlu, K., Yamankaradeniz, N. (2009). Experimental study of horizontal ground source heat pump performance for mild climate in Turkey. *Energ.*, 34, 1284-1295
- [19] Esen, H., Inalli, M., Esen, M., Pihtili, K. (2007). Energy and exergy analysis of a ground-coupled heat pump system with two horizontal ground heat exchanger. *Build. Environ.*, 42, 3606-3615
- [20] Tarnawski, V.R., Leong, W.H., Momose, T., Hamada, Y. (2009). Analysis of ground source heat pumps with horizontal ground heat exchangers for northern Japan. *Renew. Energ.*, 34, 127-134
- [21] Verda, V., Cosentino, S., Lo Russo, S., Sciacovelli, A. (2016). Second law analysis of horizontal geothermal heat pump systems. *Energ. Buildings*, 124, 236-240
- [22] Li, C., Mao, J., Zhang, H., Xing, Z., Li, Y., Zhou, J. (2017). Numerical simulation of horizontal spiral-coil ground source heat pump system: Sensitivity analysis and operation characteristics. *Appl. Therm. Eng.*, 110, 424-435
- [23] Nam, Y., & Chae, H. (2014). Numerical simulation for the optimum design of ground source heat pump system using building foundation as horizontal heat exchanger. *Energ.*, 73, 933-942



- [24] Kim, M., Lee, S., Yoon, S., Go, G. (2016). Thermal performance evaluation and parametric study of a horizontal ground heat exchanger. *Geothermics*, 60, 134-143
- [25] Selamat, S., Miyara, A., Kariya, K. (2016). Numerical study of horizontal ground heat exchangers for design optimization. *Renew. Energ.*, 95, 561-573
- [26] Fujii, H., Yamasaki, S., Maehara, T., Ishikami, T., Chou, N. (2013). Numerical simulation and sensitivity study of double-layer slinky-coil horizontal ground heat exchangers. *Geothermics*, 47, 61-68
- [27] Blum, P., Campillo, G., Kölbel, T. (2011). Techno-economic and spatial analysis of vertical ground source heat pump systems in Germany. *Energ.*, 36, 3002-3011
- [28] Sivasakthivel, T., Murugesan, K., Sahoo, P.K. (2015). Study of technical, economical and environmental viability of ground source heat pump system for Himalayan cities of India. *Renew. Sust. Energ. Rev.*, 48, 452-462
- [29] Morrone, B., Coppola, G., Raucci, V. (2014). Energy and economic savings using geothermal heat pumps in different climates. *Energ. Convers. Manage.*, 88, 189-198
- [30] Desideri, U., Sorbi, N., Arcioni, L., Leonardi, D. (2011). Feasibility study and numerical simulation of a ground source heat pump plant, applied to a residential building. *Appl. Therm. Eng.*, 31, 3500-3511
- [31] Esen, H., Inalli, M., Esen, M. (2006). Technoeconomic appraisal of a ground source heat pump system for a heating season in eastern Turkey. *Energ. Convers. Manage.*, 47, 1281-1297
- [32] Arslan, O., Ozgur, M.A., Kose, R., Tugcu, A. (2009). Exergoeconomic evaluation on the optimum heating circuit system of Simav geothermal district heating system. *Energ. Buildings*, 41, 1325-1333
- [33] Nigdelioglu, O. (2006). Design and techno-economic performance analysis of the ground sourced heat pump. *M. Sc. Thesis*, DPU Mech. Eng. Dept., Kütahya
- [34] Savas, A.F. (1996). House heating with soil based heat pump systems. *M. Sc. Thesis*, DPU, Kütahya
- [35] Naili, N., Hazami, M., Attar, I., Farhat, A. (2013). In field performance analysis of ground source cooling system with horizontal ground heat exchanger in Tunisia. *Energ.*, 61, 319-331
- [36] Ozbek, A., Yilmaz, T., Yilmaz, A., Büyükalaca, O. (2011). Bottom, maximum, minimum temperatures and their depths in monolayer soil are related, *10st. National Plumbing Engineering Congress, 13/16 April 2011*, İzmir, 1173-1182
- [37] Florides, G., Theofanous, E., Iosif-Stylianou, I., Tassou, S., Christodoulides, P., Zomeni, Z., ... Panayiotou, G. (2013). Modeling and assessment of the efficiency of horizontal and vertical ground heat exchangers. *Energ.*, 58, 655-663
- [38] OEDAŞ, (2016). Unit price of Electricity. Retrieved November 21, 2016 from <http://gazelektrik.com/tedarikciler/osmangazi-elektrik/birim-fiyat>
- [39] Alimohammadisgovand, B., Jakislo, J., Kilpelainen, S., Ali, M., & Siren, K. (2016). Cost-optimal thermal energy storage system for a residential building with heat pump heating and demand response control. *Appl. Energ.*, 174, 275-287
- [40] Central Bank of Republic of Turkey. (2016) Interest Rate. Retrieved November 21, 2016 from <http://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/tcmb+tr/tcmb+tr/main+page+site+area/tcmb+fai+z+oranlari/faiz-oranlari>
- [41] DuPONT Refrigerant Expert™. Version 4.0. Retrieved November 21, 2016 from [http://www2.dupont.com/Refrigerants/en\\_US/products/index.html](http://www2.dupont.com/Refrigerants/en_US/products/index.html)
- [42] Solkane ® Refrigerant Software. Version 8.0.0.15, Germany. Retrieved November 21, 2016 from <http://www.solvay.com/en/markets-and-products/markets/index.html>



- [43] Fatih Mining. Unit Price of Coal. Retrieved November 21, 2016 from <http://komurfiyatlari.com/komur-fiyatlari.html>
- [44] Türkiye Petrolleri Petrol Dağıtım A.Ş. (TPPD). Unit Price of Fuel oil. Retrieved November 21, 2016 from <http://www1.tppd.com.tr:81/SitePages/PompaFiyatlari.aspx>
- [45] Damla Refrigeration. Price List. Retrieved November 21, 2016 from [http://www.damlasogutma.com.tr/fiyat\\_listesi.asp](http://www.damlasogutma.com.tr/fiyat_listesi.asp)
- [46] OR-FA. Heat Exchanger Price. Retrieved November 21 2016 from <http://www.orfa.com/urun/borulu-esanjorler>
- [47] Environment and Urban Ministry. Unit Price of Excavation. Retrieved November 21, 2016 from <http://www.birimfiyat.com/pozdetay.php?Ak=G1&D1=%C3%87EVRE+VE+%C5%9EEH%C4%B0RC%C4%B0L%C4%B0K+BAKANLI%C4%9EI&Anh=6&kayno=Y.15.001/1A>
- [48] Central Bank of Republic of Turkey. Exchange Rate. Retrieved November 21, 2016 from <http://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/tcmb+tr/tcmb+tr/main+menu/istatistikler/doviz+kurlari/gosterge+niteligindeki+merkez+bankasi+kurlarii>



## COMPARISON OF TWO DIFFERENT ALGORITHM MODELS WITH SOLUTION OF WIND FARM LAYOUT OPTIMIZATION PROBLEM

Onur KOŞAR

Department of Energy Systems Engineering, Dumlupınar University, Kütahya, Turkey,  
onur.kosar@dpu.edu.tr

M. Arif ÖZGÜR<sup>a</sup>, Ramazan KÖSE<sup>a</sup>, Oğuz Ozan YOLCAN<sup>a</sup>, Mesut YAZICI<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Department of Mechanical Engineering, Dumlupınar University, Kütahya, Turkey

<sup>b</sup> Department of Energy Systems Engineering, Dumlupınar University, Kütahya, Turkey

arif.ozgur@dpu.edu.tr, ramazan.kose@dpu.edu.tr, oguzozan.yolcan@dpu.edu.tr,  
mesut.yazici@dpu.edu.tr

**ABSTRACT:** Solution capabilities of adaptive modified genetic algorithm (MG) and classical artificial bee colony (ABC) algorithm models are compared with solving a well-known classical wind farm layout optimization (WFLO) problem. Turbine micro-siting process is conducted via minimizing wake effects to maximize power output. Calculations are conducted for three different wind cases which each of them have different complexity level. According to the results, both MG and ABC algorithms are capable to produce efficient solutions for given problem models. It is observed that the MG algorithm reach better solutions at lower iteration number compared to classical ABC algorithm. While wind farm power efficiency of MG algorithm model for the most complex wind case is %89.94, ABC solution is %88.75.

**Key words:** Wind farm layout, genetic algorithm, artificial bee colony, wake effects, Jensen model.

### INTRODUCTION

Actual power output of a wind farm is less than expected power output in reality. Association of several physical factors cause this phenomenon such as inappropriate distribution of wind turbines (WTs), wake effects developing in downstream direction due to presence of the WTs, variation of angles of attack and atmospheric turbulence (Digraskar, 2010). Among these factors, the wake losses in the wake region are responsible for between 5% and 22% of the total losses (Rahbari et al., 2014). Existence of a rotor creates a flow structure called wake region in downstream. The wake region is characterized with low wind speed and high turbulence level compared to free-stream. An optimum layout of a wind farm can maximizes power output while minimizes costs. Classical researches that started with the pioneering work of (Mosetti et al., 1994) aimed maximizing energy production, minimizing energy costs or optimizing their combination by using identical turbines considering the wake effects (Tesauro et al., 2012). A brief literature review of the past related works and their models can be seen in Table 1.

*Table 1. Past Related Studies with Their Models and Methods*

Study	Optimization Method	Wind Models	Power Curve Models	Terrain Models	Wake Model	Fitness Function	
Mosetti et al., 1994	Genetic Algorithm	Three Cases	Wind	Single WT	Flat Terrain	Jensen Model	Power Output-Cost
Grady et al.	Genetic	Three	Wind	Single WT	Flat Terrain	Jensen	Power

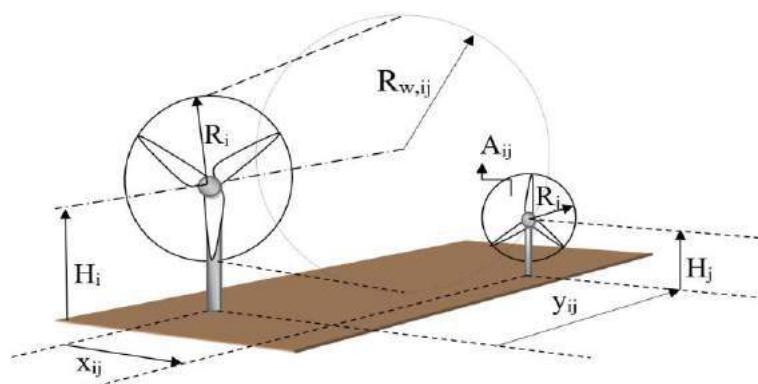
		Algorithm	Cases			Model	Output-Cost	
,2005	Kusiak and Song, 2010	Evolutionary Strategy Algorithm	Variable Speed Direction	Wind and	Single WT	Flat Terrain	Jensen Model	Power Output
	Wan et al., 2010	Particle Swarm Algorithm	Three Cases	Wind	Single WT	Flat Terrain	Jensen Model	Power Output
	Gonzales et al., 2010	Evaluative Algorithm	Three Cases	Wind	4 Different WTs	Flat Terrain	Frandsen Model	Power Output-Cost
	Changshui et al., 2011	Lazy Greedy Algorithm	Three Cases	Wind	Single WT	Flat Terrain	Jensen Model	Power Output-Cost
	Chen et al., 2013	Genetic Algorithm	Three Cases	Wind	2 Different WTs	Flat Terrain	Jensen Model	Power Output
	Pookpunt and Ongsakul, 2013	Particle Swarm Algorithm	Three Cases	Wind	Single WT	Flat Terrain	Jensen Model	Power Output-Cost
	Gao et al., 2014	Multi Population Genetic Algorithm	Variable Speed Direction	Wind and	Single WT	Flat Terrain	Jensen Model	Power Output-Cost
	Gao et al., 2015	Multi Population Genetic Algorithm	Three Cases and Actual Data	Wind	Single WT	Flat Terrain	Jensen Model	Power Output-Cost

WFLO problems are categorized in nondeterministic polynomial time (NP) complexity class because of their constraint complexity (Shakoor et al., 2016). Implementation of different algorithm models to solve WFLO problems is important to see ability of the models. Although many algorithm models are used in the literature, comparison of different algorithm models under same conditions is rather rare. This deficiency in the literature is the main motivation of this study.

## METHODS

### Wake Model Description

Jensen wake model (Jensen, 1983) is the oldest and the simplest model among the wake models and this model can predict wind speed deficiencies in the wake region with acceptable faults. This model was later improved by (Katic et al., 1986) and (Frandsen, 1992). Jensen wake model assumed that the wake region expands linearly (Figure 1).





### Figure 1. Schematic View of Jensen Wake Model

The wake radius  $R_{W,ij}$  at the  $j$  th WT caused from the presence of the  $i$  th WT is calculated as:

$$R_{W,ij} = R_i + \alpha y_{ij} \quad (1)$$

where  $\alpha$  denotes the wake decay coefficient and is taken as 0.075 (Pena et al., 2016). The velocity deficiency of the turbine  $j$  due to the turbine  $i$  can be expressed as follows:

$$DEF_{U,ij} = \left( \frac{1 - \sqrt{1 - C_T}}{\left( 1 + \frac{\alpha y_{ij}}{R_i} \right)^2} \right) \quad (2)$$

$C_T$  is the thrust coefficient and taken as 0.88 with an optimum rotor assumption. Sum of the total wind speed deficiencies of the turbine  $j$  can be obtained as follows:

$$DEF_j = \sqrt{\sum_{i=1}^{N_T-1} DEF_{U,ij}^2} \quad (3)$$

Finally, the effective wind speed in front of the rotor of the turbine  $j$  is calculated as:

$$U_j = U_{\infty,j} (1 - DEF_j) \quad (4)$$

(Abdulrahman and Wood, 2017) validated Jensen wake model via using the AEP data of Horns Rev 1 wind farm. They used three-year wind measurement data of the region in the AEP calculations. With using this AEP results, the error rates of Jensen wake model for each year were calculated and the long-term percent error rate was estimated as ~4% (Figure 2).

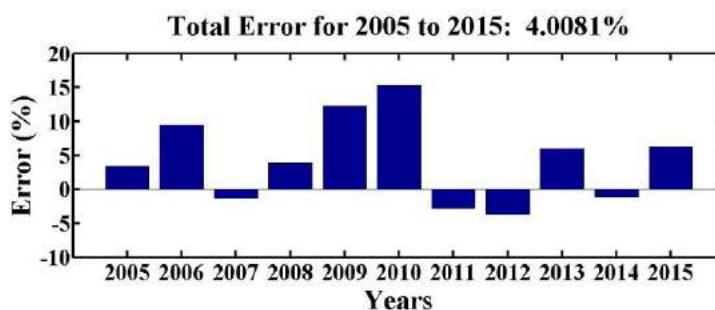


Figure 2. Evaluation of Jensen Wake Model Against The AEP Data of Horns Rev 1 Wind Farm

### Classical WFLO Problem

(Mosetti et al., 1994) divided a flat square area into square cells of 10x10 and assigned center points of every cell as a possible WT location. They used identical WTs with a rotor diameter of 40 meters and modeled the power curve with using a simple cubic equation. They investigated three wind cases and each wind case had a different level of complexity. No additional constraints existed because the distance between the possible WT positions was outside the near wake region. Different versions of this problem has been investigated by many authors (Grady et al., 2005; Emami and Noghreh, 2010; Wan et al., 2010;



Changshui et al., 2011; DuPont et al., 2012; Pookpunt and Ongsakul, 2013; Gao et al., 2015; DuPont et al., 2016; Shakoor et al., 2016). Table 2 presents the main structure of the well-known classical WFLO problem.

**Table 2. Description of The Classical WFLO Problem**

<b>Terrain Model</b>	Area Shape:	Flat Square Area
	Area Size:	2x2 km <sup>2</sup>
	Number of WT Location:	2601 (50x50 grid (every intersection point))
<b>Wind Model</b>	Wind Case 1:	Constant wind speed (12 m/s) and wind direction (0°)
	Wind Case 2:	Variable wind direction (0° to 350° - 36 sector) with constant wind speed (12 m/s) and equal probability for each sector
	Wind Case 3:	Variable wind directions (0° to 350° - 36 sector) with variable wind speed (8-12-17 m/s) and variable probability (Figure 3)
<b>Wind Turbine Model</b>	Wake Model:	Jensen Wake Model
	WT Type:	Single WT 600 kW Rated Power
	Hub Height (z):	60 m
<b>Optimization</b>	Rotor Radius (R <sub>t</sub> ):	20 m
	Thrust Coefficient (C <sub>T</sub> ):	0.88
	Simple Cubic Power Curve:	$P = \frac{C_p(\lambda, \beta)\rho A u^3}{2} = \frac{0.4 \times 1.2 \times \pi \times 20^2 \times u^3}{2} = 0.3u^3$
<b>Optimization</b>	Objective Function:	Max (Power Output)
	Optimization Technique:	Modified Genetic Algorithm and Classical Artificial Bee Colony Algorithm
	Constraints:	Minimum turbine proximity (5 D)
	Input Constraint:	WT number (consistent with previous past related studies)
	Design Variables:	WT position

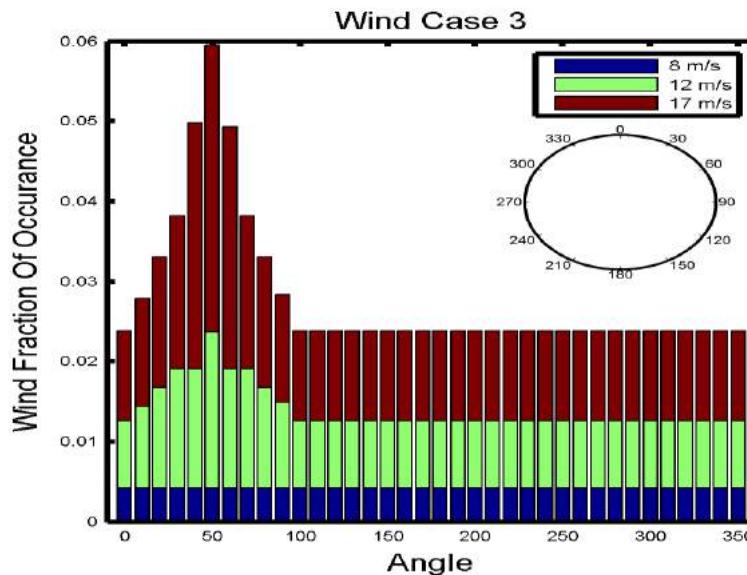


Figure 3. Wind Probability Distribution of Wind Case 3

## Optimization

The two meta-heuristic algorithm models are selected to solve the classical WFLO problem. First of the algorithm models is modified version of an adaptive genetic algorithm. The detailed description of the genetic algorithms can be found in the literature (Holland, 1992; Melanie, 1999; Liu and Wang, 2014). The population is composed of elite solutions, descendants of elites, aliens, and mutations. The descendants are created by eliminating the worst performing WTs of the elites and adding the new WTs. The aliens are randomly generated in every new generation stage. The mutations represent randomly mutated versions of the instantaneous best solution (Figure 4). Table 3 presents the population parameters of the MG algorithm.

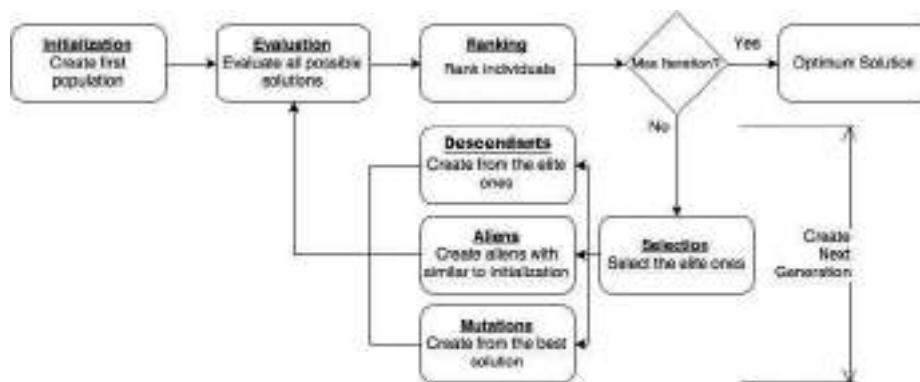


Figure 4. Flowchart of MG Algorithm Model

Table 3. Population Parameters of MG Algorithm

Elites	0.25 N
Descendants	0.25 N

Aliens	0.25 N
Mutations	0.25 N
Population Size (N)	300

(Karaboga, 2005) designed the Artificial Bee Colony (ABC) based on the selection of the food source with using mutual intelligence of the bee swarms. The detailed description of the basic ABC algorithm can be found in the literature (Karaboga, 2005; Karaboga and Bastürk, 2007; Karaboga and Akay, 2009). Table 4 presents the main parameters of the basic ABC algorithm and Figure 5 presents the flowchart of the basic ABC algorithm. Calculations were conducted by using MATLAB software.

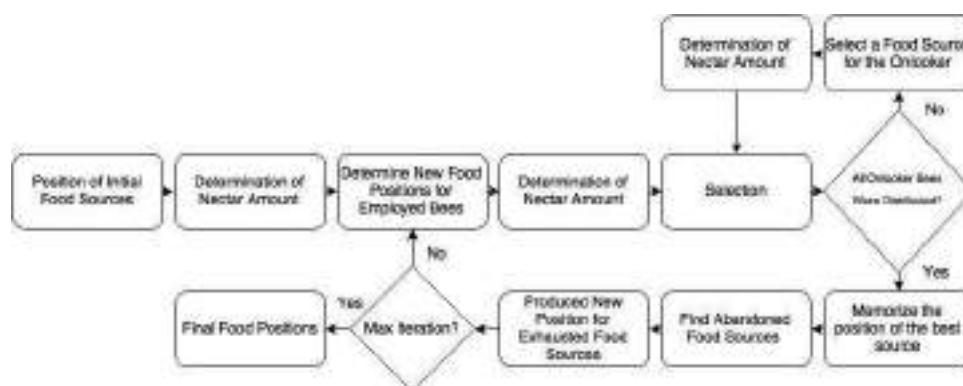


Figure 5. Flowchart of ABC Algorithm Model

**Table 4. Main Parameters of Basic ABC Algorithm**

Colony Size (NP)	600
Number Of Food Sources (NP/2)	300
Abandoning Limit For a Food Source	100

## RESULTS AND FINDINGS

### Validation of The Wake Calculations

Some of the reported optimum layouts for the classical WFLO problem in the past-related studies were reanalyzed to validate the wake calculation. Table 5 presents the results and the reported values at the past-related studies. The deviation rate was ~1% or less except for the WC-3 layout of (Grady et al., 2005).

**Table 5. Validation of the wake calculation with the past-related studies**

Studies	Wake Model	Wind Cases (WCs)	WTs Number	Total Power (kW) (Reported)	Total Power (kW) (Calculated)	Deviation (%)
(Mosetti et al., 1994)	Jensen	WC-1	26	12352	12481	1.04
		WC-2	19	9244.7	9237.5	0.07
		WC-3	15	13460	13334	0.93
(Grady et al., 2005)	Jensen	WC-1	30	14310	14456	1.02
		WC-2	39	17220	17210	0.05
		WC-3	39	32038	31227	2.5
(González et al., 2010)	Jensen (with partial)	WC-1	30	14310	-	-
		WC-2	39	18065	18036	0.1
		WC-3	39	32793	32795	0.00609

---

 shadow)
 

---

## Optimum Layouts for the Classical WFLO Problem

Figure 6 compares the optimum layouts and their wake developments of the two algorithm models. The algorithm models produced feasible solutions under the assumption on the constant wind speed and direction ( $\eta_{\text{wake-WC-1}}$ , MG=99.83% and 99.04% and  $\eta_{\text{wake-WC-1}}$ , ABC=99.12% and 98.46% for 26 and 30 WTs respectively). Uniform WT distributions were observed as expected in the WC-2 ( $\eta_{\text{wake-WC-2}}$ , MG=89.45% and 89.34% and  $\eta_{\text{wake-WC-2}}$ , ABC=88.54% and 88.04% for 39 and 40 WTs respectively). In the WC-3, the uniform WT distributions observed in the WC-2 were reshaped considering prevail wind directions ( $\eta_{\text{wake-WC-3}}$ , MG=89.94% and  $\eta_{\text{wake-WC-3}}$ , ABC=88.75% for 39 WTs). The optimum layouts were reasonable according to the wake developments, but the GA layouts had higher wake efficiency compared to the ABC layouts.

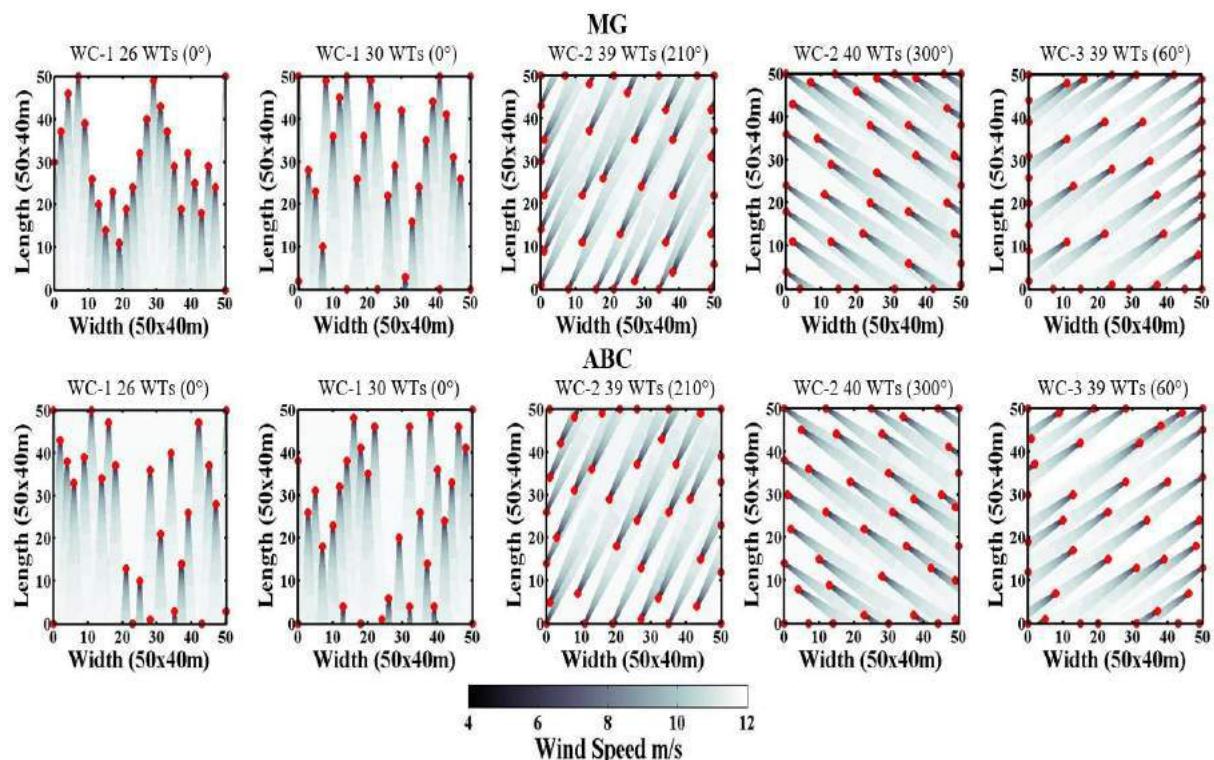


Figure 6. Optimum Layouts and Wake Developments for  $U_{\infty}=12$  m/s

## Comparison of Algorithm Methods

The MG algorithm reached the higher power outputs in the first stages of the iterations in all cases. In the simplest wind case, the MG algorithm reached the nearest values of the optimum solutions in the initial stages of the iteration in contrast to the ABC algorithm. In the WC-2, the ABC algorithm converged earlier, but the MG reached the higher power outputs. The MG attained higher power outputs in all case. (Figure 7).

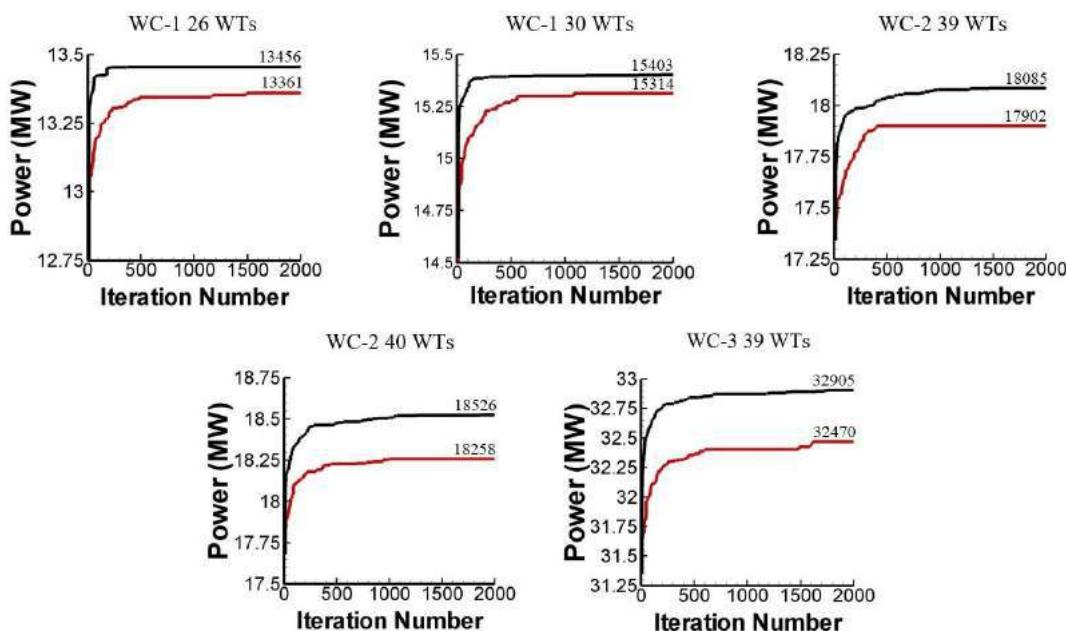


Figure 7. Iteration Developments of the Algorithm Methods (Black: MG, Red: ABC)

## CONCLUSION

Firstly, the wake calculation is validated with the optimum layouts reported from the past-related studies for a well-known classical WFLO problem. It is seen that the deviation rate was ~1% or less except for the WC-3 layout of (Grady et al., 2005). Secondly, two meta-heuristic algorithm models (MG and ABC) are compared with the solution of the well-known classical WFLO problem. The MG algorithm layouts has higher power outputs and wake efficiencies compared to the ABC algorithm layouts for all wind cases (Table 6).

Table 6. Summary of Optimization Results

Algorithm Model	Wind Cases (WCs)	WTs Number	Total (kW))	Power	WF	Wake	Efficiency
(MG)	WC-1	26	13456	99.83			
		30	15403	99.04			
	WC-2	39	18085	89.45			
		40	18526	89.34			
	WC-3	39	32905	89.94			
(ABC)	WC-1	26	13361	99.12			
		30	15314	98.46			
	WC-2	39	17902	88.54			
		40	18258	88.04			
	WC-3	39	32470	88.75			

## REFERENCES

- Abdulrahman, M., & Wood, D. (2017). Investigating the Power-COE trade-off for wind farm layout optimization considering commercial turbine selection and hub height variation. Renewable Energy, 102, 267-278.



- Changshui, Z., Guangdong, H., & Jun, W. (2011). A fast algorithm based on the submodular property for optimization of wind turbine positioning. *Renewable Energy*, 36(11), 2951-2958.
- Chen, Y., Li, H., Jin, K., & Song, Q. (2013). Wind farm layout optimization using genetic algorithm with different hub height wind turbines. *Energy Conversion and Management*, 70, 56-65.
- Digraskar, D. A. (2010). Simulations of flow over wind turbines. University of Massachusetts, Amherst, May 2010.
- Du Pont, B. L., Cagan, J., & Moriarty, P. (2012, August). Optimization of wind farm layout and wind turbine geometry using a multi-level extended pattern search algorithm that accounts for variation in wind shear profile shape. In ASME International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference, ASME, New York, Paper No. DETC2012-70290.
- DuPont, B., Cagan, J., & Moriarty, P. (2016). An advanced modeling system for optimization of wind farm layout and wind turbine sizing using a multi-level extended pattern search algorithm. *Energy*, 106, 802-814.
- Emami, A., & Noghreh, P. (2010). New approach on optimization in placement of wind turbines within wind farm by genetic algorithms. *Renewable Energy*, 35(7), 1559-1564.
- Frandsen, S. (1992). On the wind speed reduction in the center of large clusters of wind turbines. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 39(1-3), 251-265.
- Gao, X., Yang, H., & Lu, L. (2014). Study on offshore wind power potential and wind farm optimization in Hong Kong. *Applied energy*, 130, 519-531.
- Gao, X., Yang, H., Lin, L., & Koo, P. (2015). Wind turbine layout optimization using multi-population genetic algorithm and a case study in Hong Kong offshore. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 139, 89-99.
- González, J. S., Rodriguez, A. G. G., Mora, J. C., Santos, J. R., and Payan, M. B. (2010). Optimization of wind farm turbines layout using an evolutive algorithm. *Renewable energy*, 35(8), 1671-1681.
- Grady, S. A., Hussaini, M. Y., and Abdullah, M. M. (2005). Placement of wind turbines using genetic algorithms. *Renewable energy*, 30(2), 259-270.
- Holland, J. H. (1992). Adaptation in natural and artificial systems: an introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence. MIT press.
- Jensen, N. O. (1983). A note on wind generator interaction. Risø-M-2411 Risø Natl Lab Roskilde.
- Karaboga, D. (2005). An idea based on honey bee swarm for numerical optimization (Vol. 200). Technical report-tr06, Erciyes university, engineering faculty, computer engineering department.
- Karaboga, D., & Basturk, B. (2007). A powerful and efficient algorithm for numerical function optimization: artificial bee colony (ABC) algorithm. *Journal of global optimization*, 39(3), 459-471.
- Karaboga, D., & Akay, B. (2009). A survey: algorithms simulating bee swarm intelligence. *Artificial intelligence review*, 31(1-4), 61-85.
- Katic, I., Højstrup, J., & Jensen, N. O. (1986, October). A simple model for cluster efficiency. In European wind energy association conference and exhibition (pp. 407-410).
- Kusiak, A., and Song, Z. (2010). Design of wind farm layout for maximum wind energy capture. *Renewable Energy*, 35(3), 685-694.
- Liu, F., & Wang, Z. (2014). Offshore Wind Farm Layout Optimization Using Adapted Genetic Algorithm: A Different Perspective. arXiv preprint arXiv:1403.7178.



- Melanie, M. (1999). An introduction to genetic algorithms. Cambridge, Massachusetts London, England, Fifth printing, 3, 62-75.
- Mosetti, G. P. C. D. B., Poloni, C., and Diviacco, B. (1994). Optimization of wind turbine positioning in large windfarms by means of a genetic algorithm. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 51(1), 105-116.
- Peña, A., Réthoré, P. E., & Laan, M. P. (2016). On the application of the Jensen wake model using a turbulence-dependent wake decay coefficient: the Sexbierum case. *Wind Energy*, 19(4), 763-776.
- Pookpunt, S., & Ongsakul, W. (2013). Optimal placement of wind turbines within wind farm using binary particle swarm optimization with time-varying acceleration coefficients. *Renewable Energy*, 55, 266-276.
- Rahbari, O., Vafaeipour, M., Fazelpour, F., Feidt, M., & Rosen, M. A. (2014). Towards realistic designs of wind farm layouts: Application of a novel placement selector approach. *Energy Conversion and Management*, 81, 242-254.
- Shakoor, R., Hassan, M. Y., Raheem, A., & Rasheed, N. (2016). Wind farm layout optimization using area dimensions and definite point selection techniques. *Renewable Energy*, 88, 154-163.
- Tesauro, A., Réthoré, P. E., & Larsen, G. C. (2012, January). State of the art of wind farm optimization. In EWEA 2012-European Wind Energy Conference & Exhibition.
- Wan, C., Wang, J., Yang, G., and Zhang, X. (2010). Optimal micro-siting of wind farms by particle swarm optimization. *Advances in swarm intelligence*, 198-205.



## AS AN ENERGY OPTIONS: WATER RESOURCES DEVELOPMENT IN TURKEY

Bülent Açıma

EFFECT OF DIFFERENT BOUNDARY CONDITIONS ON EXTERIOR WALL HEAT TRANSFER

Tugce PEKDOĞAN

Izmir Institute of Technology

tugcepekdogan@iyte.edu.tr

Tahsin BASARAN

Izmir Institute of Technology

tahsinbasaran@iyte.edu.tr

**ABSTRACT:** TS825 Turkish directive on the thermal insulation of buildings regulations aimed to reduce the energy consumption and improved the energy efficiency becomes crucial for protecting public wealthy and general welfare in buildings and uses methods based on the steady-state heat transfer model. Thus, they take into account the thermal resistance of building components (such as a wall, roof, floor, window, ground floor) but do not consider their thermal storage capacity. According to these variables, it is important that to evaluate the heat flux of the building outside wall which takes place in a one-dimensional mathematical model of the transient regime with the effect of solar radiation and the outdoor air temperature and relative humidity. In this work, the results of the temperature distribution and the heat transfer through the wall are given for three sets of calculation methods, which are steady-state, exclude external factors and with external factors. These calculations are established by the multilayered opaque wall insulated externally, which is acquired based on TS825 for summer and winter climatic conditions in Izmir, Turkey with west and south orientations.

**Keywords:** Heat conduction, Orientation of the wall, Thermal insulation, Time Dependent.

### INTRODUCTION

With rapid population growth and changing living standards throughout the world, energy demand and consumption are increasing day by day. One of the most important shares of the energy use is the energy consumption for heating and cooling purposes of the buildings. Therefore, reducing energy consumption for heating and cooling is important for enhancing energy effectiveness. In residences, the largest portion of energy consumption is allotted to the space heating. In a typical house, 45% of total bill is spent for heating and cooling (Türkyılmaz, 2010). Due to this problem, exterior wall heat transfer is tried to be restricted for the diminishing of the building energy consumption.

The annual heating and cooling transmission loads are also important for the analysis of optimum insulation thickness according to different climatic zones. Building envelope heat transfer has been mostly studied for the winter condition. The main problem for Izmir or other cities that have several climatic characteristics is to be not considered for thermal conditioning during summer. Evaluation of heat transfer based on the analysis of the steady-state in winter gives satisfactory results. However, solar radiation, sky temperature,



outside air temperature, wind effect and also humidity must be taken into account for more than 300 days of a year in Izmir and the other settlements (Aksungur et al., 2013). These are the data that are effective in the conservation of building energy and comfort conditions (Ekici, 2013).

When the studies on the thermal insulation properties of the building elements constituting the building envelope, especially the walls, are examined, the steady state calculation method is generally used for the different degree day zones in the studies performed Arslanoglu and Yiğit, 2017; Gelegenis and Axapoulos, 2017; Derradji et al, 2017; Sevindir et al, 2017; Kurekci, 2016; Jraida et al, 2016; Kayfeci et al, 2013; Ucar, 2010; Yu et al, 2009; Özel and Pihtılı, 2008; Bolattürk, 2008. In these studies, the optimum insulation thicknesses for different insulation materials were determined according to different climate zones. And the effect of insulation on energy saving was calculated. However, thermal inertia effect was taken into account in some studies which are; Pekdogan and Basaran, 2017a; Pekdogan and Basaran, 2017b Fathipour and Hadidi, 2017; Nematichoua et al, 2017; Pekdogan and Basaran, 2016; Wati et al, 2015; Özel, 2014; İbrahim et al, 2014; Huelsz et al, 2014; Basaran, 2011. This one-dimensional transient heat transfer method provides the results almost acceptable (depending on the solution method).

In this study, at the first Model [1], the inside temperature is defined as a constant value throughout the year; and the solar and sky radiation, outside temperature, relative humidity, heat convection coefficient defined by wind velocity values for the outside surface are also stated as a function of time. In the second Model [2], the time-dependent thermal behaviors of the multi-layered wall are examined and external factors are not taken into consideration except the heat convection coefficient. And the last Model [3] solves the heat transfer under the steady-state method. The wall elements of these specified models are analyzed by appropriate thickness within the scope of TS 825 (TSI, 2013) for adequate thermal conductivity values using different structural components.

### Externally Insulated Concrete Wall Application

The usage of these wall components is regulated by ASHRAE (ASHRAE, 2014) and TS825. Heat insulating material is regulated by TS825, which is the common insulating materials used in Turkey that is XPS (Extrude Polystyrene). Plasters as finishing with different densities on both sides of the external wall. The actual construction of the externally insulated concrete wall has following layers; 0.8 cm plaster, 4 cm XPS, 20 cm concrete and 2 cm plaster. That composition mentioned in Figure 1 is satisfied to the insulation regulation of Turkey for Izmir based on TS 825 and the overall heat transfer coefficient,  $U$  is calculated as  $0.686 \text{ W/m}^2\text{K}$  which is lower than  $0.7 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Thermophysical properties given in Table 1, are defined according to ASHRAE and TS 825.

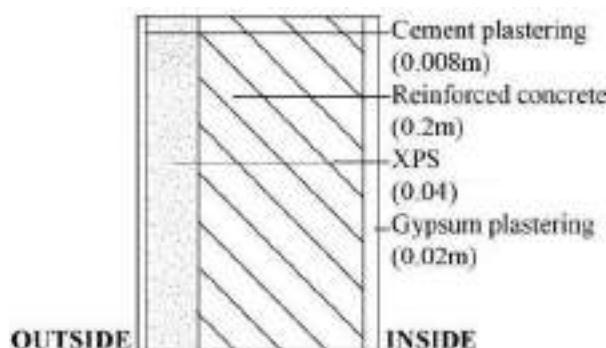




Figure 1. Externally insulated concrete wall

Table 1. Thicknesses and Thermophysical Properties of the Wall Materials (TSI, 2013 and ASHRAE, 2014).

Material Name	Thickness (m)	Conductivity (W/m·K)	Specific Heat (J/kg·K)	Density (kg/m <sup>3</sup> )
Outside Plastering Gypsum	0.008	0.720	840	1860
Insulation Material XPS	0.04	0.035	1400	35
Reinforced Concrete	0.2	2.300	1000	2300
Inside Gypsum Plastering	0.02	0.380	1090	1120
Total	0.268			

## MATHEMATICAL METHOD

The heat transfer mathematical model is derived from the Fourier equation. This equation describes transient heat transfer in rigid bodies the variation of the temperature inside, as a function of time.  $k$  is the thermal conductivity and the thermal storage capacity represents with  $\rho \times c_p$  where  $\rho$  is the density and  $c_p$  is the specific heat. Constant physical properties, transient one-dimensional heat conduction equation can be written as;

$$k \frac{\partial^2 T(t, x)}{\partial x^2} = \rho c_p \frac{\partial T(t, x)}{\partial t} \quad (1)$$

The thermal performance analysis of the building walls is carried out according to this equation based on inside temperature and data from meteorology of the outside temperature and outside and inside convection heat transfer coefficients in the calculations. This analysis would probably be affected by other factors, like the solar radiation, wind, humidity etc. This equation needs to be conducted with other factors as boundary and initial conditions. The one-dimensional, transient heat conduction equation is as follows;

$$t > 0, x = 0 \leftrightarrow -k_0 \frac{\partial T}{\partial x}|_{x=0} = \alpha I + \sigma \epsilon (T_{sky}^4 - T_{s,0}^4) + h_o (T_{\infty,o} - T_{s,0}) \quad (2)$$

$$t > 0, x = L \leftrightarrow -k_L \frac{\partial T}{\partial x}|_{x=L} = h_i (T_{s,L} - T_{\infty,i}) \quad (3)$$

$$0 \leq x \leq L, t = 0 \leftrightarrow T(x, 0) = T_{initial} \quad (4)$$

where  $k_0$  and  $k_L$  represent the thermal conductivity of the plasters on the outer and inner sides.  $T_{initial}$  is the initial temperature of the wall. In addition, Equation 5 represents the intersection points of each wall component is;

$$x: interface\ boundary, t > 0 \Rightarrow \left( -k \frac{\partial T}{\partial x} \right)_{Layer\ 1} = \left( -k \frac{\partial T}{\partial x} \right)_{Layer\ 2} \quad (5)$$

Solar radiation, outside air temperature, sky temperature, humidity and also wind effect are also defined:

### Solar Radiation

Solar radiation affects building envelope from two aspects. Once solar radiation reaches to the indoor environment from transparent surfaces and it is absorbed by the materials inside of the building. Solar radiation also penetrate to the opaque surfaces of the building



envelope. Some part of it is reflected and the rest amount is absorbed. Such characteristics of the selected materials basically play the most important role in the space organization and mass formations in providing thermal comfort conditions for indoor spaces (Kartal, 2009). In equation 2,  $\alpha$  and  $I$  represent the solar absorption of the outer surface defined as 0.4 and total solar radiation intensity for vertical surfaces for Izmir, respectively (Šuri, et al., 2007).  $\sigma$  value is  $5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\cdot\text{K}^4$  which is Stefan Boltzmann constant while the emissivity of the outside surface,  $\varepsilon$  is assumed to be 0.93 (Duffie, & Beckman, 2013).

### Outside Air Temperature

Turkish Republic General Directorate of State Meteorology Affairs conducts measurements on outside environment temperature values in weather stations located in the regions (TSMS, 2000-2010). These measurements provide hourly, daily, monthly and annual data on the mean, minimum, and maximum temperature values.  $T_{s,o}$  and  $T_{s,L}$  are given in Equations 2 and 3 are the inside and outside surface temperatures, respectively.  $T_{\infty,i}$  is the inside temperature and it is assumed to be constant at 22°C for all months and 24 hours a day. On the other hand,  $T_{\infty,o}$  reflects the outside air temperature corresponding to the monthly average of the daily data.

### Sky Temperature and Humidity

$T_{sky}$  is directly associated with the outside air temperature and dew point temperature. The effect of sky radiation can be approximately accounted by taking the outside temperature and the humidity.  $T_{sky}$  is the effective sky temperature calculated by using Equation 6:

$$T_{sky} = T_{\infty,o} \left( 0.8 + \frac{T_{dp}}{250} \right)^{0.25} \quad (6)$$

Humidity can negatively impact the energy performance by causing such damage in building envelope materials and components. Hence, in particularly, specific attention needs to be paid for the selection of the building materials considering rainfall, flora, wind effects, altitude above sea level and several geographical and climatic conditions in the zone of the building (Atmaca, 2010).  $T_{dp}$  represents the dew point temperature in units of Kelvin regarding the relative humidity and the air temperature for all months of the year in Equation 6.  $T_{dp}$  is calculated by using Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps (PVPS, 2002) developed by the solar radiation values (Šuri, et al., 2007). On the other hand, other climatic data like temperature, relative humidity, and wind values are taken from the Ministry of Forestry and Water Affairs and General Directorate of Meteorology for the province of Izmir, reflect the daily variation of the monthly average (TSMS, 2000-2010).

### Wind

As a product of the differences in the atmospheric pressure that emerge in climatic events, the wind is a crucial climate component that plays a role also in the control of climatic comfort. Heat convection coefficient value which also depends on the wind velocity is an important parameter in built environment organization. However, the position of the building bears in itself certain characteristics that decrease or increase the management of this climate component and decrease or increase the level of energy consumption (Kısa Ovalı, 2009).  $h_o$  and  $h_i$  are the heat transfer coefficients on the exterior and the interior



surfaces of the wall ( $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ ). In the previous study (Pekdogan, & Başaran, 2017b), the interior heat transfer coefficient is accepted as constant and the outside heat transfer coefficient is changed according to equation 7 (Liu, & Harris, 2007).

$$h_o = 6.31 V_s + 3.32 \quad (7)$$

However, for the comparison of the Model [1] in this current study, in calculations for both steady state-Model [3] and time-dependent (free of environmental factors)-Model [2], surface convective heat transfer coefficients are taken constant and the outside and inside values are assumed as  $25 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  and  $7.692 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  (TSI, 2013) defined in TS 825.

## RESULTS AND DISCUSSION

In this study, for calculating heat losses and gains in a multi-layered wall, one-dimensional time-dependent heat transfer equation (Model 1) is solved by using Visual Basic program with implicit finite difference method and compared with another transient heat transfer equation having different boundary conditions (Model 2) and the steady-state model (Model 3). Simulations are carried out on the temperature distribution along the wall thickness at different time steps of a day simulated monthly average values of January and July. The wall which is externally insulated is directed on the south and west facades. Monthly average daily meteorological data (except solar radiation) of January and July based on Turkish Republic General Directorate of State Meteorology Affairs (TSMS, 2000-2010) were shown in the previous study of the authors (Pekdogan and Basaran, 2016). Solar radiation data were given as the global irradiance on a fixed vertical plane (Šúri, et al., 2007) which is perpendicular to the south and west directions for January and July (Pekdogan, 2015). These values are used as the external boundary conditions in the one-dimensional heat transfer equation.

### Comparison of Time-Dependent Models 1 and 2 Results

By running the code, the temperature distributions through the cross sections of the opaque walls were obtained at different time steps for Models 1 and 2. Figures 2 and 3 show the temperature distribution in the south direction of January and the west direction of July, respectively. The absence of the solar radiation and sky temperature effects were mainly observed at this extreme months simulated winter (for south direction) and summer (for west direction) in the climatic conditions in Izmir. The indoor temperature is  $22^\circ\text{C}$  for all months and the daily average outdoor temperature is  $9.3^\circ\text{C}$  for the month of January. Temperature distributions were obtained throughout the wall section for time intervals of 24.00, 18.00, 12.00 and 06.00. The breaking points in the graph correspond to the material changes in the wall; the most temperature changes occur in the insulation material. According to the calculation results in Figure 2, for the whole day reflecting the average of January, the internal surface temperature average is  $21.1^\circ\text{C}$  for Model 1, and the result is  $20.8^\circ\text{C}$  in the Model 2 where the external influences do not participate in the account. This effect occurs mainly solar radiation penetrated to the south facade effectively in winter period. Outside surface temperature increases at noon period because of the solar beam as shown in Figure 2.

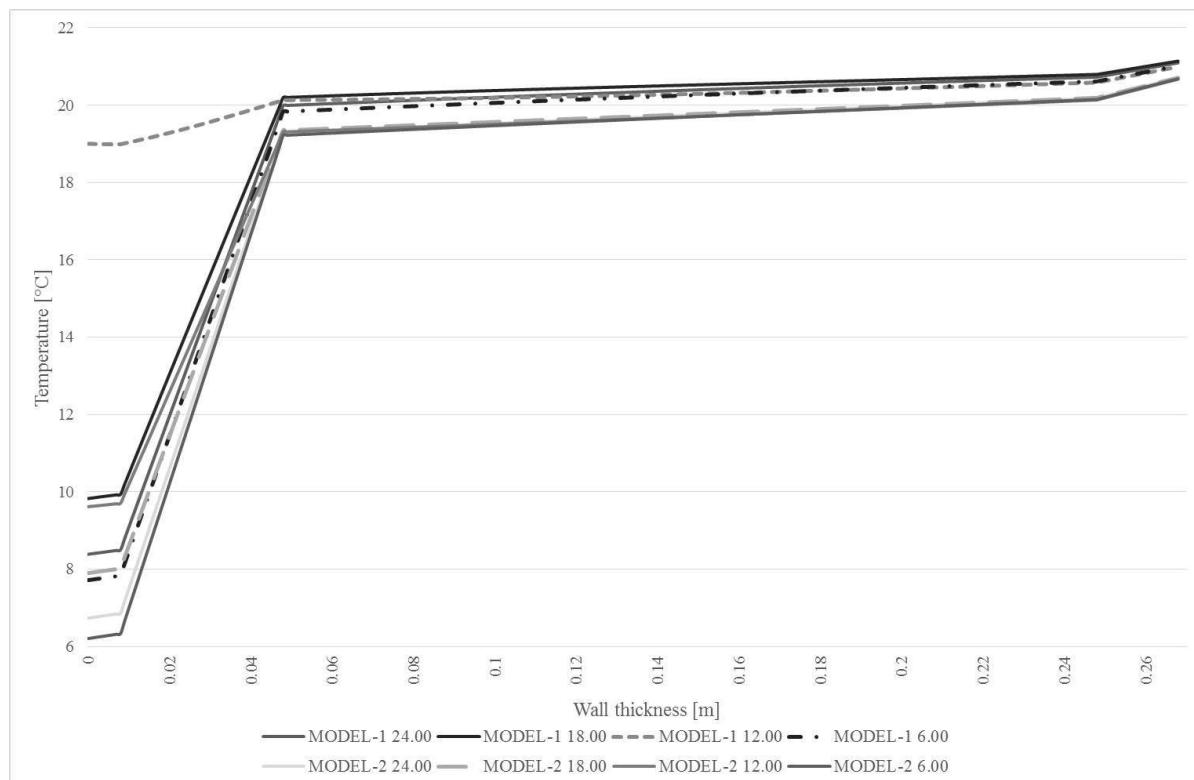
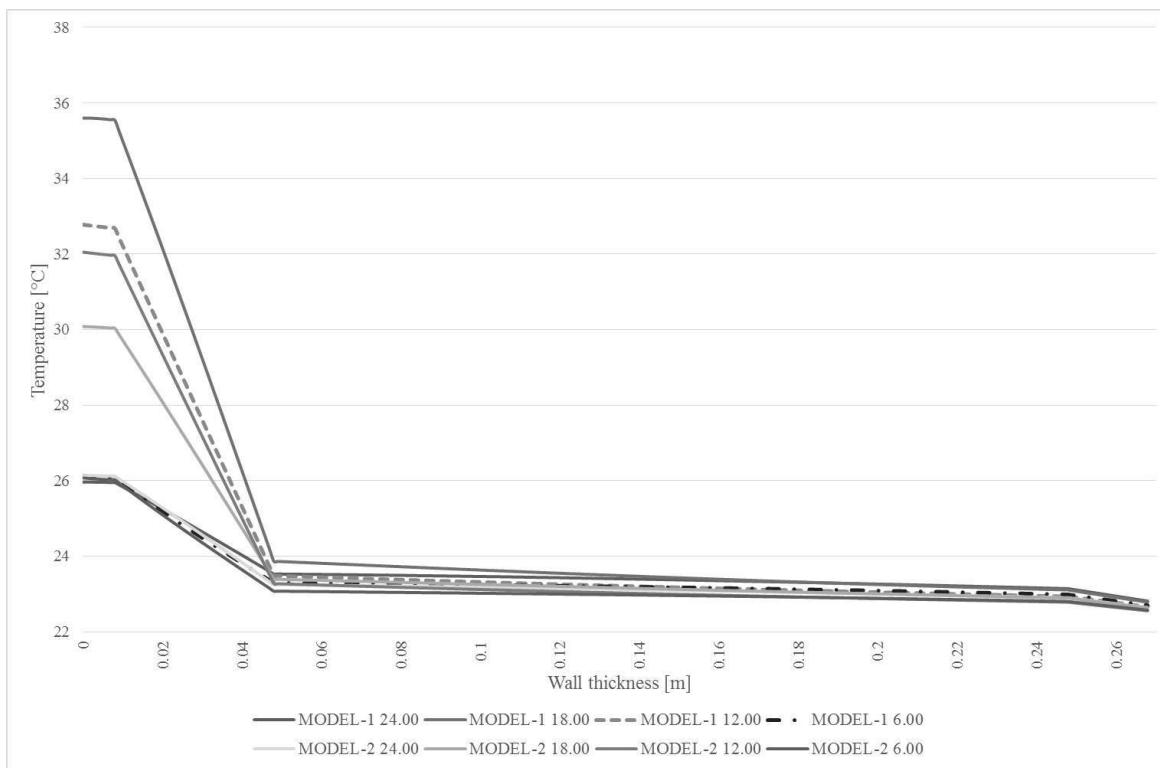


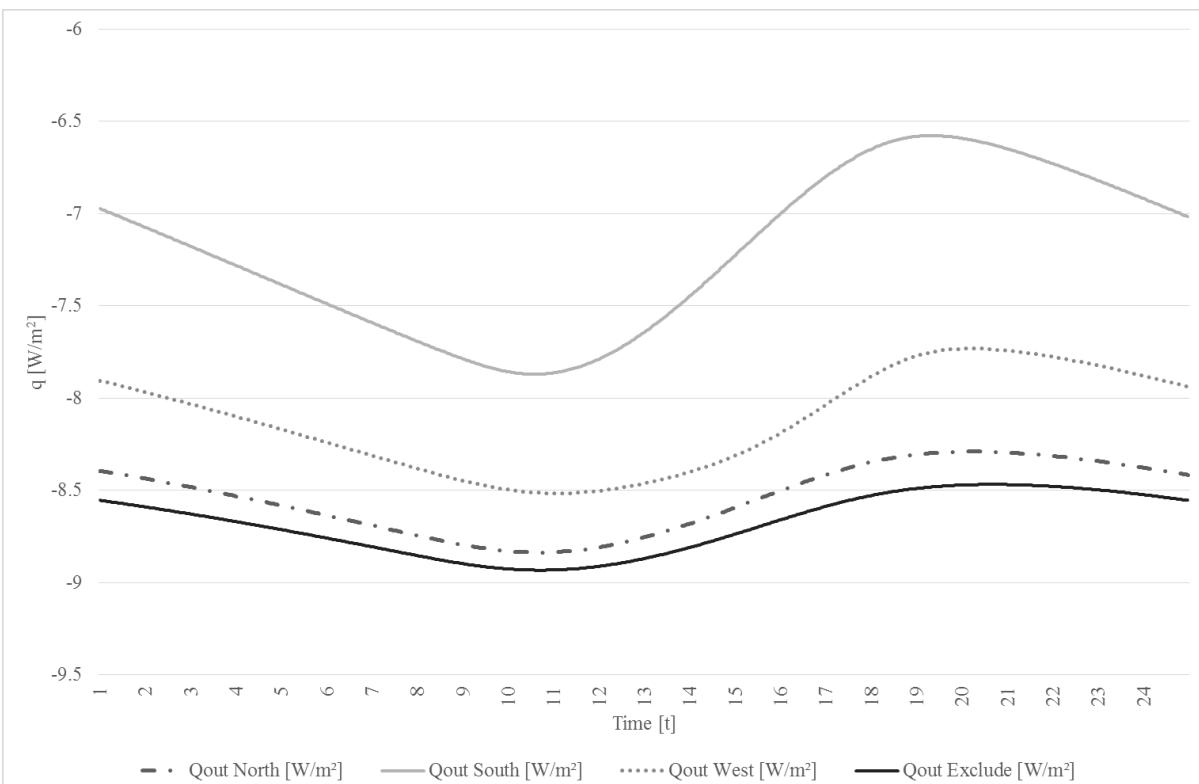
Figure 2. Temperature Distribution across the Wall Thickness at the Different Time Steps of an Average Day in January for South Facing in Izmir (Models 1 and 2).

Figure 3 shows the temperature distribution across the wall thickness at the different time of the day for west facing the wall in Izmir for July. Monthly average outside temperature for July is 28.8°C. According to the calculation results in Figure 3, the average internal surface temperature is determined as 22.8°C in Model 1. In addition, Model 2 represents the average internal temperature is 22.6°C. This temperature difference occurs for the solar effect and it can be observed at the outside surface more significantly.

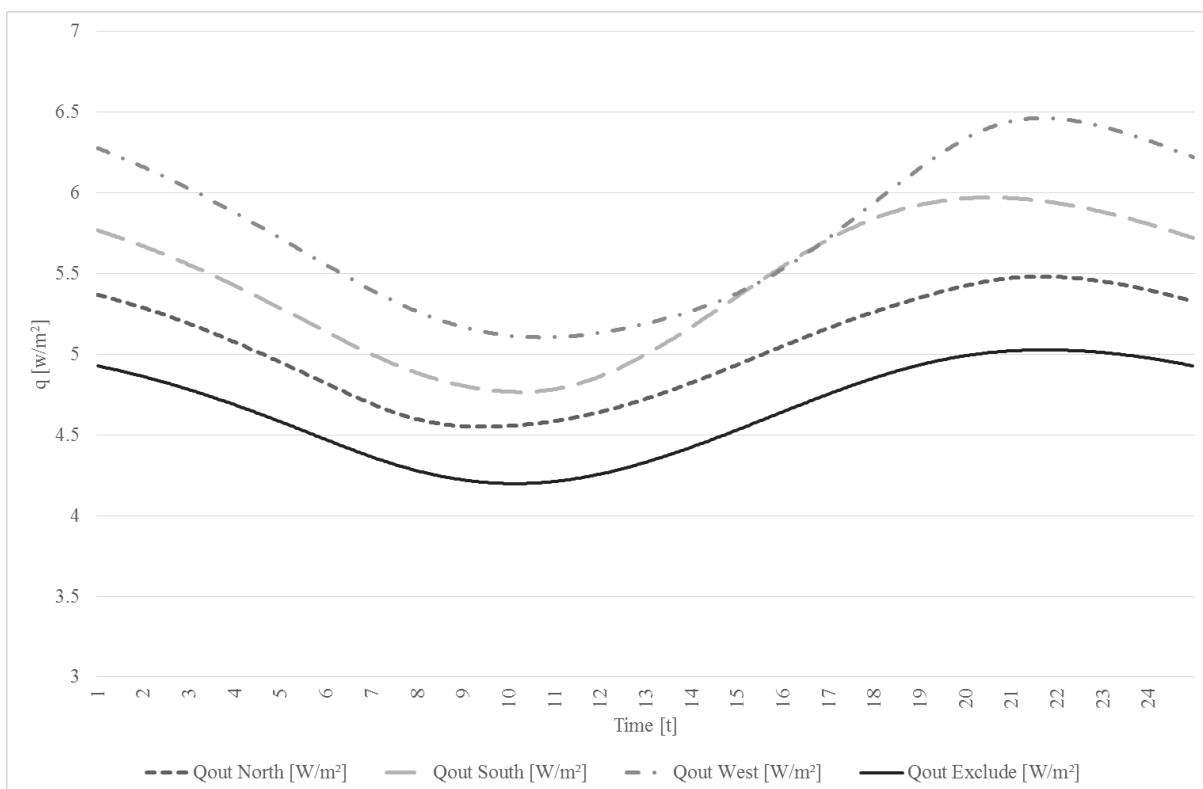


**Figure 3. Temperature Distribution across the Wall Thickness at the Different Time Steps of an Average Day in July for West Facing in Izmir (Models 1 and 2).**

The heat fluxes obtained separately from the numerical solution for the externally insulated reinforced concrete wall section given above show in Figures 4 and 5 for the changes of the 24-hour period according to January and July. As a result of the study conducted in the previous study (Pekdogan and Basaran, 2017b), it is seen that the minimum loss is on the south facade and the maximum loss is on the north facade in January and July. However, in addition to this study, when the effect of solar radiation, sky temperature is not considered (mentioned straight lines in Figures 4 and 5), the results are added to the graphs. It is seen that the highest gain is obtained in the south direction in January. Average hourly variations of heat flux on the inside surface of the exterior walls in the north, south, and west directions were calculated as  $-8.54 \text{ W/m}^2$ ,  $-7.2 \text{ W/m}^2$  and  $-8.12 \text{ W/m}^2$ , respectively for January in Model 1. However, according to the Model 2 calculation, the value was absolutely increased to  $-8.68 \text{ W/m}^2$  (Figure 4). Daily average heat flux values in July were also calculated in Model 1 as  $5.1 \text{ W/m}^2$  for the north facade,  $5.45 \text{ W/m}^2$  for south facade and  $5.74 \text{ W/m}^2$  for the west facade. In Model 2, the average heat flux result calculated from the straight line mentioned in Figure 5 was found to be  $4.6 \text{ W/m}^2$ , which is relatively smaller than Model 1.



**Figure 4. Hourly Variation of Inside Surface Heat Flux of the Wall Structures for North, South and West Facing for Model 1 and Model 2 Calculation Mentioned Exclude for January in Izmir.**



**Figure 5. Hourly Variation of Inside Surface Heat Flux of the Wall Structures for North, South and West Facing for Model 1 and Model 2 Calculation Mentioned Exclude for January in Izmir.**



### North, South and West Facing for Model 1 and Model 2 Calculation Mentioned Exclude for July in Izmir.

Heat gain and loss from the unit surface area for externally insulated reinforced concrete wall sampling are listed in Table 2 for a day that reflects the average of each month. According to the results, in the winter months, the heat loss from the north facades is at the highest level; south facade loads show the lowest values. In May, June, July, August, and September, the highest heat gain occurs on the west side because of solar radiation (Model 1). In addition, the results obtained by steady state condition are analyzed according to TS825 (Model 3) (Pekdogan and Başaran, 2017b). The current study results are time-dependent but exclude external factors are shown in the same table for comparison purposes (Model 3).

**Table 2. Overall Daily Heat Transfer for Exterior Wall Composition Based on Different Calculation Methods in Izmir for 12 Months.**

	Model 1			Model 2	Model 3
Months	North (Wh/m <sup>2</sup> day)	South (Wh/m <sup>2</sup> day)	West (Wh/m <sup>2</sup> day)	Exclude External Factors (Wh/m <sup>2</sup> day)	Steady State (Wh/m <sup>2</sup> day)
<b>January</b>	-204.97	-173.03	-195.08	-208.34	-206.16
<b>February</b>	-191.25	-161.92	-179.39	-195.32	-193.28
<b>March</b>	-143.57	-111.24	-126.02	-150.37	-148.83
<b>April</b>	-78.99	-57.08	-60.30	-86.37	-85.52
<b>May</b>	-1.10	11.57	18.14	-11.76	-11.72
<b>June</b>	77.24	83.75	95.18	65.32	64.54
<b>July</b>	120.81	130.00	137.90	111.32	110.06
<b>August</b>	117.00	136.38	136.34	111.91	110.65
<b>September</b>	40.20	72.68	59.48	36.34	35.89
<b>October</b>	-43.76	-2.97	-26.79	-48.02	-47.57
<b>November</b>	-121.48	-81.73	-108.63	-124.53	-123.25
<b>December</b>	-179.16	-150.25	-170.73	-181.32	-179.42

### CONCLUSIONS

Externally insulated concrete wall heat transfer for two different time-dependent calculation models are compared with the steady-state model. In this study, one-dimensional time-dependent heat conduction equation is analyzed parametrically according to the finite difference method for the exterior insulation wall defined by using TS825 and the insulation thickness is provided to the total heat transfer coefficient suggested. Also, the calculation models which are based on the meteorological data of Izmir province and the inside temperature is taken as constant. In Model 1, solar radiation, sky temperature, outside temperature, humidity and convective heat transfer coefficient defined by wind intensity are expressed in time-dependent. In Model 2, only outside convective heat



transfer coefficient are used as an outside boundary condition and it is named as excluding external factors but the results are also time-dependent. In the seasonal changes, the differences due to the direction of thermal inertia and the differences caused by the steady state and external factors effects are seen more clearly. Accordingly, the minimum difference between the time-dependent calculated values and the steady-state values and exclude external factors calculation values are observed in the north direction for January; the maximum difference was obtained on the West facade in July for the climatic condition of Izmir.

## REFERENCES

- Aksungur, K. M., Kurban, M., & Filik, Ü. B. (2013). Türkiye'nin Farklı Bölgelerindeki Güneş Işınım Verilerinin Analizi ve Değerlendirilmesi. *Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu*.
- Arslanoglu, N., & Yigit, A. (2017). Investigation of efficient parameters on optimum insulation thickness based on theoretical-Taguchi combined method. *Environmental Progress & Sustainable Energy*.
- ASHRAE. (2014). "ANSI/ASHRAE Standard 55-2010: Thermal Environment Conditions for Human Occupancy." American Society of Heating, Ventilation and Air Conditioning Engineers, Atlanta, GA.
- Atmaca, M. (2010). *Binalarda Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi (BEP-TR) ile Otel Binalarının Enerji Performansının Değerlendirilmesi* (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Basaran, T. (2011). Thermal analysis of the domed vernacular houses of Harran, Turkey. *Indoor and Built Environment*, 20(5), 543-554.
- Bolattürk, A. (2008). Optimum insulation thicknesses for building walls with respect to cooling and heating degree hours in the warmest zone of Turkey. *Building and Environment*, 43(6), 1055-1064.
- Derradji, L., Imessad, K., Amara, M., & Errebai, F. B. (2017). A study on residential energy requirement and the effect of the glazing on the optimum insulation thickness. *Applied Thermal Engineering*, 112, 975-985.
- Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2013). *Solar engineering of thermal processes*. John Wiley & Sons.
- Ekici, S. N. (2013). *Türkiye'de Binaların Enerji Performansı Hesaplama Yönteminin Farklı İklim Bölgelerinde Değerlendirilmesi*, M.S. thesis. İstanbul: Yıldız Technical University.
- Fathipour, R., & Hadidi, A. (2017). Analytical solution for the study of time lag and decrement factor for building walls in a climate of Iran. *Energy*, 134, 167-180.
- Gelegenis, J., & Axaopoulos, P. (2017). A Multi-Parametric Mathematical Approach on the Selection of Optimum Insulation Thicknesses in Buildings. *Buildings*, 7(1), 15.
- Huelsz, G., Barrios, G., & Rojas, J. (2014). Differences on results from steady-state and time-dependent wall/roof heat transfer models in Mexican climates. *Energy Procedia*, 57, 1825-1833.
- Ibrahim, M., Biwole, P. H., Wurtz, E., & Achard, P. (2014). A study on the thermal performance of exterior walls covered with a recently patented silica-aerogel-based insulating coating. *Building and Environment*, 81, 112-122.
- Jraida, K., Farchi, A., Mounir, B., & Mounir, I. (2016). A study on the optimum insulation thicknesses of building walls with respect to different zones in Morocco. *International Journal of Ambient Energy*, 1-6.



- Kartal, S. (2009). *Güneş Mimarisi Elemanlarının Isıl Verimlerinin Türkiye İklim Şartları ve Yapı Konstrüksiyonları için Hesaplanması*, Ph.D. dissertation, Edirne: Trakya University.
- Kayfeci, M., Keçebaş, A., & Gedik, E. (2013). Determination of optimum insulation thickness of external walls with two different methods in cooling applications. *Applied thermal engineering*, 50(1), 217-224.
- Kısa Ovalı, P. (2009). Türkiye iklim bölgeleri bağlamında ekolojik tasarım ölçütleri sistemiğinin oluşturulması-Kayaköy yerleşmesinde örneklenmesi.
- Kurekci, N. A. (2016). Determination of optimum insulation thickness for building walls by using heating and cooling degree-day values of all Turkey's provincial centers. *Energy and Buildings*, 118, 197-213.
- Liu, Y., & Harris, D. J. (2007). Full-scale measurements of convective coefficient on external surface of a low-rise building in sheltered conditions. *Building and Environment*, 42(7), 2718-2736.
- Nematchoua, M. K., Ricciardi, P., Reiter, S., & Yvon, A. (2017). A comparative study on optimum insulation thickness of walls and energy savings in equatorial and tropical climate. *International Journal of Sustainable Built Environment*.
- Özel, M. (2014). Effect of insulation location on dynamic heat-transfer characteristics of building external walls and optimization of insulation thickness. *Energy and Buildings*, 72, 288-295.
- Özel, M., & Pihtılı, K. (2008). Determination of optimum insulation thickness by using heating and cooling degree-day values. Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 26(3), 191-197.
- Pekdогan, T., & Basaran, T. (2017a). Thermal performance of different exterior wall structures based on wall orientation. *Applied Thermal Engineering*, 112, 15-24.
- Pekdогan, T., & Basaran, T. (Yönlenmesinin Isı Kayıp ve Kazançlarına Etkisi (Vol. 13., Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Pp. 1969-1988). Izmir.
- Pekdогan, T., & Basaran, T. (2016). Parametric transient analysis of thermal insulating plaster for exterior wall (Vol. 3., International Conference on Thermophysical and Mechanical Properties of Advanced Materials, Pp. 62-74). Izmir.
- Pekdогan, T. (2015). An investigation of Transient Thermal Behaviors of Building External Walls (Master Thesis), Izmir Institute of Technology, Izmir.
- PVPS, IEA. (2002). "Evaluation of islanding detection methods for photovoltaic utility interactive power systems." Report IEA PVPS T5-09.
- Sevindir, M. K., Demir, H., Ağra, Ö., Atayılmaz, Ş. Ö., & Teke, İ. (2017). Modelling the optimum distribution of insulation material. *Renewable Energy*.
- Šuri, M., Huld, T. A., Dunlop, E. D., & Ossenbrink, H. A. (2007). Potential of solar electricity generation in the European Union member states and candidate countries. *Solar energy*, 81(10), 1295-1305.
- Turkey State Meteorological Station. (2000–2010). Records for Weather Data Turkey.
- Turkish Standards Institution. (2013). TS825: *Thermal Insulation Requirements for Buildings*, Ankara.
- Türkiyilmaz, O. (2010). Türkiye'nin Enerji Görünümü. *Mühendis ve Makina*.
- Ucar, A. (2010). Thermo-economic analysis method for optimization of insulation thickness for the four different climatic regions of Turkey. *Energy*, 35(4), 1854-1864.
- Wati, E., Meukam, P., & Nematchoua, M. K. (2015). Influence of external shading on optimum insulation thickness of building walls in a tropical region. *Applied Thermal Engineering*, 90, 754-762.



Yu, J., Yang, C., Tian, L., & Liao, D. (2009). A study on optimum insulation thicknesses of external walls in hot summer and cold winter zone of China. *Applied Energy*, 86(11), 2520-2529.



## PRODUCTION OF SUSTAINABLE ENERGY VIA INTEGRATION OF DIRECT BOROHYDRIDE

Afsin Y. CETINKAYA

Department of Environmental Protection Technologies, Technical Sciences Vocational School, Aksaray University, Aksaray, Turkey  
afsincetinkaya@gmail.com

Oguz K. OZDEMİR

Department of Metallurgical and Material Engineering, Yildiz Technical University, Istanbul, Turkey  
kozdemir@yildiz.edu.tr

Bestami ÖZKAYA

Department of Environmental Engineering, Yildiz Technical University, İstanbul, Turkey,  
bozkaya@yildiz.edu.tr

**ABSTRACT:** Fuel cells offer a promising alternative to incumbent electrical power generation technologies (primarily based on fossil fuels), for medium-scale applications, such as remote or backup power, as well as small-scale applications, such as portable consumer electronics. Widespread adoption of the direct hydrogen-oxygen fuel cell, the most highly-developed fuel cell, is hindered by a number of problems related to the sourcing, storage and safe handling of hydrogen (particularly for mobile applications). A direct borohydride fuel cell (DBHFC) is a device that converts chemical energy stored in a borohydride ion ( $\text{BH}_4^-$ ) and an oxidant directly into electricity by redox processes. Usually, a DBHFC employs an alkaline solution of sodium borohydride ( $\text{NaBH}_4$ ) as fuel and oxygen or hydrogen peroxide as oxidant. DBHFC yields a high performance as a power source, there are several problems that need to be solved, such as hydrogen evolution and  $\text{NaBO}_2$  accumulation at the anode during operation. At the anode, the complete oxidation of borohydride ions to release  $8\text{e}^-$  takes place, in theory. Key factor for the practical application of DBHFC is to prepare anode electrocatalysts that have high selectivity and high catalytic activity for improving the kinetic parameters of  $\text{BH}_4^-$  oxidation and inhibiting hydrolysis of  $\text{BH}_4^-$ . The precise mechanism of borohydride oxidation is still subject to speculation and, therefore, awaits further clarification. Two-dimensional (2D) nanomaterials have distinct properties owing to their extremely small size in one dimension. The common feature of 2d nanomaterials is that they usually contain only one or few atomic layers. 2D molybdenum disulfide ( $\text{MoS}_2$ ) has attracted considerable amount of interest in recent years because of its unique properties such as direct bandgap, high electron mobility, stable chemical properties and its graphene-like honeycomb lattice.



## MICROALGAL BIODIESEL AND PRODUCTION

Betül GÜROY

Yalova University, betulguroy@yahoo.com.tr

**ABSTRACT:** "Algae" refers to a variety of organisms ranging from microscopic cyanobacteria (Cyanobacteria) to kelp-algae forests (*Macrocystis pyrifera*), also known as giant algae (Phaeophyta). The conversion of algal oils to ethyl or methyl esters is called "algal biodiesel". Among the algae, there are species that are able to produce biodiesel, are easy to produce, produce less pressure than land plants that produce energy on agricultural areas and water resources, and are more efficient in terms of oil content. While oils stored in micro algae are available as biodiesel, the compounds released in the cell are also used in the pharmaceutical, food and agriculture sectors.

In the production of biodiesel, terrestrial plants such as sugar cane, canola, soybean meal and sunflower, which have high oil content, are also used. At the same time, these plants, which are used as a basic food source, have disadvantages such as production, large areas and irrigation volume requirements. The most important advantage of the algae-derived fuels should be underlined; the need for fertile soil and irrigation is much less than the amount needed for the production of terrestrial energy plants.

In algal energy production, significant amounts of CO<sub>2</sub> are converted into biofuels. Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), as stated in the Kyoto Protocol, is the most important greenhouse gas causing global climate change. With new biological and engineering perspectives, the share of moss in the energy field should be increased and made more efficient.

**Key words:** microalgae, algal biodiesel, CO<sub>2</sub> emission

## MİKROALGAL BİODİZEL VE ÜRETİMİ

**ÖZET:** "Algler" terimi mikroskopik siyanobakterilerden (Cyanobacteria) dev yosunlar olarak bilinen (*Macrocystis pyrifera*) kelp ormanlarına (Phaeophyta) kadar çok çeşitli organizmaları ifade etmektedir. Algularının etil ya da metil esterlere dönüştürülmesi "algal biodizel" olarak adlandırılmaktadır. Algler arasında biodizel eldesini mümkün kıuran, üretimi kolay, tarım alanları ve su kaynakları üzerinde enerji üretilen kara bitkilerinden daha az baskı yaratan ve yağ içeriği bakımından daha verimli türler bulunmaktadır. Mikro alglerde depolanan yağlar biodizel olarak kullanılabilirken, hücre içinde salgılanan bileşiklerin de ilaç, gıda ve tarım sektörlerinde kullanım alanları bulunmaktadır.

Biodizel üretiminde, yağ içeriği yüksek olan şeker kamışı, kanola, soya ve ayeceğgi gibi karasal bitkiler de kullanılmaktadır. Temel gıda kaynağı olarak da kullanılan bu bitkilerin üretimi, büyük alanlar ve sulama hacmi gerektirmesi gibi dezavantajları barındırmaktadır. Alglerden elde edilen yakıtların altı çizilmesi gereken en önemli avantaj ise, verimli toprak ve sulama ihtiyacının karasal enerji bitkilerin üretiminde gereken miktardan çok daha az olmasıdır.

Alg enerji üretiminde önemli miktarda CO<sub>2</sub> biyoakıta dönüştürülür. Karbondioksit (CO<sub>2</sub>), Kyoto Protokolü'nde de belirtilen küresel iklim değişimine sebep olan en önemli sera gazıdır. Yeni biyolojik ve mühendislik bakış açıları ile alglerin, enerji alanındaki kullanım payının artırılması ve daha verimli hale getirilmesi gerekmektedir.

**Anahtar sözcükler:** mikroalg, algal biodiesel, CO<sub>2</sub> salınımı



## TECHNO-ECONOMIC ANALYSIS OF SOLAR ENERGY POTENTIAL OF AEGEAN REGION OF TURKEY

M. Arif ÖZGÜR

Faculty of Engineering, Dumlupınar University, Kütahya, Turkey

e-mail: arif.ozgur@dpu.edu.tr

Ceyhun AYKAR, Ramazan KÖSE, O. Ozan YOLCAN, Onur Koşar

Faculty of Engineering, Dumlupınar University, Kütahya, Turkey

e-mail: ceyhunaykar@hotmail.com, ramazan.kose@dpu.edu.tr,

oguzozan.yolcan@dpu.edu.tr, mesut.yazici@dpu.edu.tr

**ABSTRACT:** Solar energy is very important with the advantage brought by Turkey's geographical location. In this study, the potential of solar energy in the Aegean region has been examined and the grid-connected photovoltaic power plant with 1 MW capacity is designed with RETScreen software. The equipment and materials required for power plant installation were selected, and the designated locations's solar energy data was obtained from NASA's Atmospheric Science Data Center. At the end of the design for the provinces in the region, electricity energy production amounts and greenhouse gas reduction values according to different fuels were calculated. According to calculations annual electricity productions of power plants has been obtained between 1545 MWh to 1823 MWh. According to solar radiation values of Aegean Region, payback periods of power plants have been calculated between 6.03 years and 8.28 years. Also, IRR (Internal Rate of Return) values obtained between 17.851% and 13.646%.

**Key words:** Aegean Region, Internal Rate of Return (IRR), Net Present Value (NPV), Solar Energy, Turkey.

## INTRODUCTION

Energy production and consumption linked to fossil fuels leaves its place to renewable energy sources because of environmental problems, energy security, the availability of fossil-based fuels in the near future, and high external purchases. In addition, environmental awareness, which has increased in recent years, ensures that support for renewable energy sources is increased and investments in this area are made at a reasonable level (Özgür, 2006). Turkey's energy consumption has also increased over the years due to the increasing population and economic growth rates. Especially in recent years, natural gas conversion plants have increased considerably in dependence on external energy. There is a risk that this dependence will put Turkey in danger in terms of supply security in the future. All these factors have motivated Turkey to use domestic and renewable energy sources. In this context, on May 10, 2005, Law No. 5346 on "Use of Renewable Energy Sources for the Purpose of Electricity Generation" was published and it was aimed to convert the interest of investors into renewable energy sources (MENR, 2017).

Because of the latitudes of 36°- 42°, Turkey is lucky in terms of solar energy compared to many other countries. The installed power of the Turkish electricity power plant is 78,497.4 MW as of January 2017 (CEE, 2017). Photovoltaic power plants constitute



860,63 MW, equivalent to only 1.1% of installed power (Energy Atlas, 2017). In recent years, large investments have been made in many countries in the field of electricity generation from solar energy, and the decrease in the costs of photovoltaic systems has also contributed to this. As a matter of fact, there are various studies about the potential of electricity generation from solar energy in the literature and interest in solar energy is increasing day by day in many countries.

In this study, a grid-connected photovoltaic power plant with a capacity of 1 MW is designed with RETScreen software for each province in Aegean Region. The equipment needed for the power plant installation was selected and solar energy data was obtained from NASA's Atmospheric Science Data Center.

## STUDY AREA

The study was conducted for the Aegean Region of Turkey and the location of the region is given on the map in Figure 1. According to Figure 1, it is seen that the solar energy potentials of the southern parts of Europe in general, especially those of the Mediterranean coast, are quite good. From central to southern parts of Europe, annual solar radiation reaches levels of 1000 kWh/m<sup>2</sup>-year to 1900 kWh/m<sup>2</sup>-year.

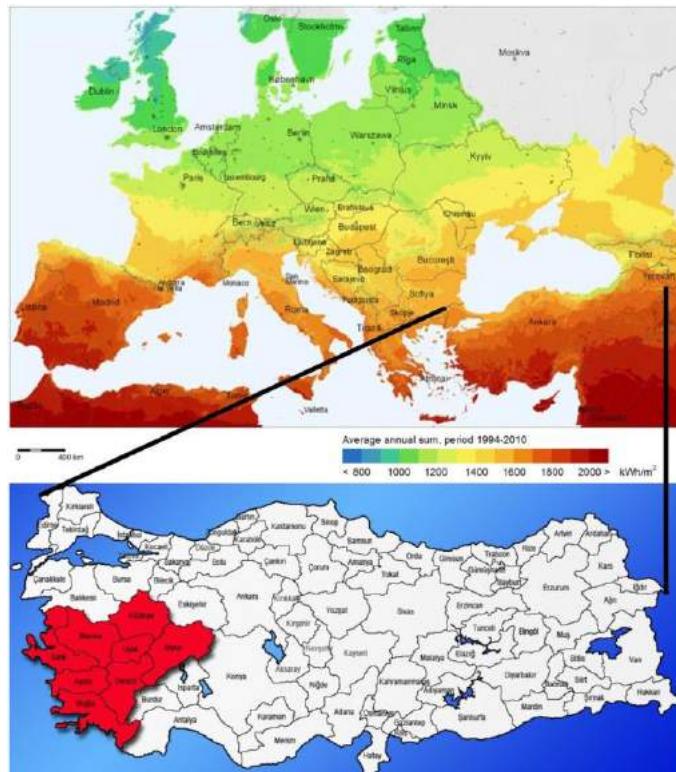
When Figure 1 is examined, it is obvious that Turkey is also more advantageous in terms of solar energy than other regions, especially in the southern part. In the north of Turkey, the lowest annual solar radiation with 1400 kWh/m<sup>2</sup>-year is observed, reaching about 2000 kWh/m<sup>2</sup>-year in the southern part.

The Aegean Region, located to the west of Turkey, covers approximately 11.5% of the country's land with a surface area of 89,997.23 km<sup>2</sup> (TSI, 2017). The Aegean Region shown in red in Figure 1 consists of İzmir, Manisa, Aydın, Denizli, Muğla, Afyon, Kütahya and Usak. The total population of the region is 10,265,111 people, which corresponds to 12.9% of the country's population (TSI, 2017). In the Aegean Region, annual solar radiation generally ranges from 1550 to 1950 kWh/m<sup>2</sup>-year. It is seen that the Aegean region is in good condition to many regions of Europe with the potential of solar energy.

## MATERIALS AND METHOD

### Materials

**Solar energy data.** Solar energy data are shown in Table 1 for the region covered in the study, according to the document in NASA's Atmospheric Science Data Center (NASA, 2017). When Table 1 is examined, it is seen that solar radiation values in the Aegean region are highest in May, June, July and August and lowest in December, January and February. The highest annual total solar radiation is Muğla with 1929 kWh/m<sup>2</sup>, the lowest is Kütahya with 1582 kWh/m<sup>2</sup>.



\*The red area on the map of Turkey is the Aegean Region.

Figure 1. Europe global horizontal irradiation map and study area (Solargis, 2017).

**Solar panels.** The choice of solar panels should be made in consideration of such issues as efficiency, quality, price and service support. In this context, the JKM320M model of the Jinko Solar brand, which is very common in the solar energy sector in the world and has a share of 10.25% in the Turkish solar energy establishment power, has been selected. Selected solar panels have a monocrystalline cell type. The total cell area of the panel weighing 26.5 kg is 1.94 m<sup>2</sup> and the characteristics of the panel are given in Table 2 (Jinko Solar, 2017).

Panels with a power output of 320 W and a module efficiency of 16.49% can operate at ambient temperatures between -40 ° C and 85 ° C. For the 1 MW installed photovoltaic power plant, 3125 panels of these specifications are needed. In this study, various losses that can occur in the solar panel will be taken as 3% (Jinko Solar, 2017).

**Inverters.** The main task of the inverter is to convert the direct current into an alternating current to make the generated electricity in the system suitable for the network. The 867P020.010 model of the REFUsol brand was selected as the inverter in the study, and the alternating current power is 20 kW. The average efficiency is 97.8% and the inverter can operate at ambient temperatures between -25 ° C and 55 ° C. For the 1MW installed photovoltaic power plant, 50 inverters with these characteristics are needed. In this study, various losses that can be realized from the inverters will be taken as 3%. The basic technical characteristics of the inverter are given in Table 3 (REFUsol, 2017).



Table 1. Solar radiation data from selected location.

Mont hs	TOTAL SOLAR RADIATION (kWh/m <sup>2</sup> -day)							
	İZMİR 38° 33' N 26° 76' E	MANİSA 38° 92' N 27° 35' E	AYDIN 37° 85' N 27° 85' E	DENİZLİ 37° 78' N 29° 08' E	MUĞLA 36° 70' N 28° 78' E	AFYON 38° 75' N 20° 53' E	KÜTAH YA 39° 42' N 29° 98' E	UŞAK 38° 68' N 29° 40' E
	Jan	2.17	2.16	2.33	2.32	2.40	2.15	1.95
Feb	3.03	2.87	3.19	3.07	3.27	2.85	2.63	2.99
Mar	4.43	4.19	4.52	4.26	4.65	4.09	3.79	4.18
Apr	5.82	5.20	5.78	5.18	6.10	4.85	4.61	4.98
May	7.28	6.58	7.13	6.34	7.42	6.00	6.04	6.28
Jun	8.34	7.58	8.11	7.54	8.34	7.12	6.97	7.29
Jul	8.23	7.58	8.07	7.55	8.35	7.23	7.22	7.31
Aug	7.34	6.70	7.22	6.69	7.52	6.42	6.42	6.54
Sep	5.86	5.41	5.91	5.61	6.15	5.29	5.10	5.33
Oct	4.07	3.73	4.23	3.92	4.36	3.65	3.43	3.68
Nov	2.56	2.38	2.73	2.58	2.80	2.44	2.22	2.45
Dec	1.82	1.79	2.00	1.95	2.06	1.81	1.63	1.86
Ave.	5.08	4.68	5.10	4.75	5.29	4.49	4.33	4.59
Total	1854 kWh/m <sup>2</sup> - year	1709 kWh/m <sup>2</sup> - year	1862 kWh/m <sup>2</sup> - year	1734 kWh/m <sup>2</sup> - year	1929 kWh/m <sup>2</sup> - year	1640 kWh/m <sup>2</sup> - year	1582 kWh/m <sup>2</sup> - year	1677 kWh/m <sup>2</sup> - year

Other equipment and supplies. Equipment and materials for 1 MW installed photovoltaic power plant with minimum requirements except solar panels and inverters are; construction materials, consumables, main panel and field panels, network connection equipment and appliances and safety materials are classified as Table 4.

Table 2. Mechanical and technical features of the solar panel.

			STC**	NOCT***
Cell type	Monocrystalline	Max power	320 W	238 W
Cell amount	72 (6 x 12)	Max power voltage	37.8 V	35.9 V
Dimensions	1956 x 992 x 40 mm	Max power current	8.47 A	6.62 A
Weight	26.5 kg	Open circuit current	46.4 V	44.1 V
Front window	4.0 mm, low iron content, tempered glass	Short circuit current	8.98	7.15
Frame	Anodized aluminum alloy	Module efficiency	16.49%	
Junction box	IP67	Operating temperature	-40 °C ~ +85 °C	
Output cabling	TÜV* 1 x 4 mm <sup>2</sup> , length: 900 mm	Power tolerance	3%	



\* TÜV Rheinland industrial inspection and certification organization

\*\* AM 1.5 conditions, 1000 W/m<sup>2</sup> solar radiation, 25 °C cell temperature

\*\*\* AM 1.5 conditions, 800 W/m<sup>2</sup> solar radiation, 25 °C ambient temperature, 1 m/s wind speed

Table 3. Technical specifications of the inverter.

DC maximum recommended PV power	30 kW
Maximum DC voltage	1000 V
DC initial voltage	350 V
Maximum DC operating current	41.8 A
AC nominal power	20 kW
AC nominal voltage	400 V
AC rated voltage range	320 V ~ 460 V
Average efficiency	97.8%
Operating temperature	-25 °C ~ +55 °C
Noise	< 45 dBA

The main parameters of cost analysis.

According to cost allocation to the basic components of 1 MW installed grid photovoltaic power plant is given in Table 5. (Hendese, 2017). As shown in Table 5, the initial investment cost was set at \$ 1.309.000 with a bid for a real power plant installation, with solar panels at \$ 672,000 and 51.34%, respectively. Other costs in Table 5 represent unforeseen costs in the plant installation. The cost of land has not been reflected to the initial investment costs since the leasing procedure is going to be done and the account is included in the annual operating expenses.

## METHOD

RETScreen software was used in the study (NRC, 2017). RETScreen is a software program developed by Natural Resource Canada and available for public use for feasibility analysis of clean energy projects, including energy-efficient technologies and renewable energy systems, such as wind energy, small hydro, photovoltaic, biomass heating, solar air heating, solar water heating, passive solar heating, ground-source heat pump, and combined heat and power projects (Lee et al., 2012). When the solar panels are located in the study, the oblique plane surface azimuth angle ( $\gamma$ ) facing south is taken as 0° for all provinces. However, in order to increase the productivity, the angle of inclination (S) is positioned at 20° to 45°, and the optimization inclinations are shown in Table 6. The technical analyzes in which the main formulas are used to determine panel positions are stated in the publication [7].

Table 4. Other equipment and materials required for photovoltaic power plant.

Construction	Galvanized steel constructions, aluminium profiles, connectors
--------------	--



Consumables	4 mm solar cable, 6 mm solar cable, MC4 type solar connector, DC protection fuses, communication cables, grounding cables and other cables, grounding materials, cable glands, manholes, pipes and other infrastructural materials, all other consumables
Main board and field panels	Main panel, inverter collection panel
Network connection equipment and devices	Transformers, substations and fittings, medium voltage cells and equipment, medium voltage poles and equipment
Security materials	Camera system, wire fence

The capacity factor is defined as the ratio of the total amount of energy that a photovoltaic power plant will produce per year to the total amount of energy it will produce by working for 24 hours at full capacity for 365 days and is calculated by Equation 1.

$$CF = \frac{E_a}{8760 \times P_{PV}} \quad (1)$$

For photovoltaic power plants with a capacity of 1 MW installed in the Aegean Region, loans up to 50% of the initial investment amount were used within the Turkish Sustainable Energy Financing Program (TurSEFF). The debt payment period of the loan is 10 years and the interest is 5% (TSEFF, 2017). The amount of annual debt payment in the use of the loan is calculated by the formula in Equation 2.

$$P = \frac{C \times i}{1 - \frac{1}{(1+i)^N}} \quad (2)$$

Table 5. Cost distribution of 1 MW photovoltaic power plant.

Components	Cost (\$)	Rate (%)
Solar panels	672,000	51.34
Inverters	140,500	10.73
Construction materials	72,500	5.54
Consumables	94,750	7.24
Main panel and field panels	23,450	1.79
Network connection equipment and appliances	84,200	6.43
Safety materials	33,000	2.52
Shipping and assembly	138,600	10.59
Other costs	50,000	3.82
<b>TOTAL</b>	<b>1,309,000</b>	<b>100.00</b>

The scrap value, which is defined as the value of a completed asset or investment, is 30% of the asset value of a photovoltaic power plant. The asset value of the power plant is obtained by removing the transportation, assembly and other expenses from the initial investment amount and also showing the value of all equipment and materials (Demirtürk, 2013).

$$AV = C_0 - C_T - C_A - C_X \quad (3)$$

$$SV = AV \times 0.30 \quad (4)$$



In the cost analysis of the study, the investment of photovoltaic power plant was evaluated by means of payment period (PP), net present value (NPV) and internal rate of return (IRR) methods. The depreciation losses in the study are shown as expense over the periods. The annual depreciation share according to fixed percentage simple depreciation method is calculated by Equation 5 (Kahya, 2006).

$$DP = \frac{AV - SV}{n} \quad (5)$$

In this study, the sales price of electricity used in Turkey was taken as 0.133 \$/kWh under the solar energy-based production facilities required by Law 5346 on "Use of Renewable Energy Sources for Electricity Generation Purposes" (MENR, 2017). The income tax rate was used in calculation of 20% according to Article 32 of the Corporate Tax Law in Turkey (RTMF, 2017).

The method of calculating the difference between the investment expenditures and the cash inflows to be made at the same time point is expressed as net present value through a discount value.  $NPV > 0$  means that the investment is above the projected anticipation and indicates that the investment is feasible. NPV is calculated according to the formula given in Equation 6.

$$NPV = \left[ \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} \right] - C_o \quad (6)$$

In this study, the NPV analysis was conducted in three different scenarios, with the expected discount rate of 5%, 10% and 15%, respectively. In the IRR method, the discount value that yields  $NPV = 0$  is calculated. The value of the scaled value of the investor is checked to see if it meets the anticipated forecast. The IRR is obtained by the presence of  $r_r$  with the help of Equation 7.

$$NPV = \left[ \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r_r)^t} \right] - C_o = 0 \quad (7)$$

## RESULTS and DISCUSSIONS

The grid-connected photovoltaic power plants at 1 MW capacity, which can be installed in Aegean Region, are designed separately for 8 different provinces with RETScreen software. In the districts, the power of the power plant is the same and all the materials of the power plant are designed to be the same. As a result, electricity energy production quantities, capacity factor and greenhouse gas reduction values of each province are calculated according to the present solar energy potential.

According to the calculations made, the highest annual electricity energy production was realized in Muğla with 1,823,210.67 kWh and the lowest annual electricity energy production was realized in Kütahya with 1,545,482.67 kWh as seen in Table 7. The capacity factor calculated with Equation 1 is obtained in the highest Muğla province and it is seen that it is changed between 17.64% and 20.81%. In the Aegean region, 1-year electricity generation from the photovoltaic power plant with a capacity of 1 MW prevents 573.41 - 676.45 tons of CO<sub>2</sub> from being released to the environment. Similarly, as shown in Table 7, 1184.15 - 1396.94 tonnes of fuel oil and 1602.55 - 1890.53 tonnes of CO<sub>2</sub> are prevented.

Table 7. Aegean Region annual electricity energy production and greenhouse gas reduction values.



Provinces	Annual electricity energy production (kWh/year)	Capacity factor (%)	Annual greenhouse gas reduction amounts by fuels (t CO <sub>2</sub> )		
			Natural gas	Fuel-oil	Coal
1 Muğla	1,823,210.67	20.81	676.45	1396.94	1890.53
2 Aydın	1,777,913.02	20.30	659.54	1362.24	1843.56
3 İzmir	1,755,731.49	20.04	651.41	1345.24	1820.56
4 Denizli	1,680,612.74	19.19	623.45	1287.68	1742.67
5 Uşak	1,648,580.56	18.82	611.66	1263.14	1709.46
6 Manisa	1,645,677.74	18.79	610.58	1260.92	1706.45
7 Afyon	1,620,390.17	18.50	601.20	1241.54	1680.22
8 Kütahya	1,545,482.67	17.64	573.41	1184.15	1602.55

It is envisaged that 50% equity and 50% credit utilization will be realized for the photovoltaic power plant in the calculations. The total investment amount will be \$ 1,309,000 and the 50%, \$ 654,500, will be credited. Considering the loan's 10-year debt payment rate and the 5% interest rate of the loan, the annual debt payment amount according to Equation 2 was calculated as \$ 84,761. The financial situation table in this direction is shown in Table 8. Annual costs of a photovoltaic power plant consist of headings such as employee expenses, land rentals, service and other expenses. In addition to these, there is also a loan payment for 10 years and an annual depreciation share. A total of 3 people will be employed for the expenses of the employees, which will be responsible for the general administration of the power plant, panel cleaning and security services. In this context, employees' annual expenses are \$ 20,880 including insurance payments. In general, 20,000 m<sup>2</sup> of land is required for a photovoltaic power plant with a capacity of 1 MW. These are mostly chosen out of residential units and from forests that have lost their qualities. Considering the rent value of the Aegean region with an annual rental price of a land of this size, it is about \$ 5000.

All equipment in the plant must be periodically maintained for 20 years, which is the economic life span. Annual service costs for a photovoltaic power plant with a capacity of 1 MW were set at \$ 4000 (Hendese, 2017).

Other expenses represent unforeseen expenses in the plant, and 50% of the cost of the services is \$ 2000 annually.

Depreciation is the reduction of the value of assets over time over the useful life as an expense. To calculate this, the value of the plant asset value and scrap value must first be known. In this context, according to Equation 3, the plant asset value is \$ 1,120,400 and the scrap value according to Equation 4 is \$ 336,120. According to Equation 5, the annual depreciation share is also calculated as \$ 39,214.

In the study, cost analysis was performed separately for all the provinces. As a result of the analyzes made, the payback period, NPV and IRR were calculated. As can be seen in Table 9, according to the cost analysis results of all the provinces, the payback period varies between 6.031 and 8.288 years. Net present values are between \$ 752,424 and \$ 1,120,686 at the 5% discount rate, between \$ 218,420 and \$ 469,998 at the 10% discount rate, and between \$ -59,953 and \$ 125,312 at the 15% discount rate. The IRR is between 13.646% and 17.851%.

Table 8. Details of economic analysis.



<b>Crediting</b>		<b>Annual general expenses</b>	
Total amount	investment	1,309,000 \$	Annual loan debt 84,761 \$/year
Own capital		654,500 \$	Amortization share 39,214 \$/year
Crediting		654,500 \$	<b>Annual operating expenses</b>
Credit interest		%5	Employee expenses 20,880 \$/year
Credit vault		10 years	Land rentals 5000 \$/year
Annual loan payment	debt	84,761 \$/year	Service 4000 \$/year
Economic life		20 years	Other expenses 2000 \$/year

Table 9. Cost analysis results.

Provinces	Payback period (year)	Net present value (\$)			Internal rate of return (%)
		r = %5	r = %10	r = %15	
1 Muğla	6.031	1,120,686	469,998	125,312	17.851
2 Aydın	6.311	1,060,622	428,966	95,144	17.163
3 İzmir	6.458	1,031,210	408,873	80,371	16.827
4 Denizli	7.011	931,604	340,827	30,343	15.689
5 Uşak	7.277	889,130	311,811	9010	15.205
6 Manisa	7.302	885,281	309,181	7076	15.161
7 Afyon	7.528	851,750	286,275	-9765	14.778
8 Kütahya	8.288	752,424	218,420	-59,653	13.646

## CONCLUSIONS

In the study, when the solar panels were positioned during the design, the selected positions were optimized for inclination angle and surface azimuth angles. The optimal panel angles to maximize the electrical energy that can be generated in the optimizations made are determined as given in Table 6. It is estimated that the amount of electricity energy obtained is between 1,545,482,67 kWh/year and 1,823,210.67 kWh/year, and the region can generally meet the financial expectations.

When the economic analyzes are examined, it can be seen from Figure 2 that the most suitable province is the Muğla province. Muğla is followed by Aydın, İzmir, Denizli, Uşak, Manisa, Afyon and Kütahya respectively. When Figure 2 is examined, it is determined that payment periods are between 6.031 and 8.288 years. In addition, the NPV values of all the regions (excluding r = 15%) were positive, while the IRR ratios were calculated between 13.646 and 17.851%. In this direction, it can be said that the investment of photovoltaic

power plant at 1 MW capacity is suitable for all the provinces in the region and meets the determined economic criteria.

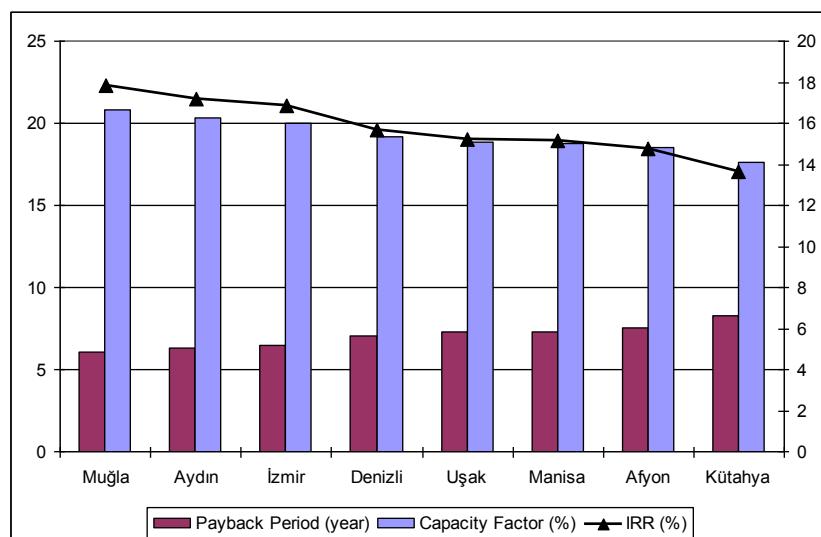


Figure 2. Cost analysis comparison based on provincial capacity factors

#### NOMENCLATURE

<b>AV</b>	Assets value (\$)	<b>N</b>	Maturity (year)
<b>C</b>	Credit (\$)	<b>NPV</b>	Net present value (\$)
<b>CF</b>	Capacity factor (%)	<b>n</b>	Economic life (year)
<b>C<sub>A</sub></b>	Assembly costs (\$)	<b>P</b>	Payment (\$)
<b>C<sub>0</sub></b>	Initial investment (\$)	<b>P<sub>PV</sub></b>	Installed power capacity of photovoltaic power plant (kW)
<b>C<sub>T</sub></b>	Transportation costs (\$)	<b>r</b>	Discount rate (%)
<b>C<sub>t</sub></b>	Net cash flow (\$)	<b>r<sub>r</sub></b>	Internal rate of return (%)
<b>C<sub>X</sub></b>	Other costs (\$)	<b>S</b>	Inclination angle (°)
<b>DP</b>	Depreciation payment	<b>SV</b>	Salvage value (\$)
<b>E<sub>a</sub></b>	Annual energy output (kWh/year)	<b>γ</b>	Surface azimuth angle (°)
		<b>i</b>	Interest rate (%)

#### REFERENCES

- Özgür, M. A. (2006). Statistical Analysis of Wind Characteristic of Kütahya and Electricity Production Applicability. *Ph.D. Thesis, Eskişehir Osmangazi University, Mech. Eng. Dept., Eskişehir*.
- Repuclic of Turkey Ministry of Energy and Natural Resources, General Directorate of Renewable Energy (2017). *Law no. 5346 “Law on the Use of Renewable Energy Sources for Electricity Generation Production”*, Retrieved June, 2017 from [http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/y\\_mevzuat.aspx](http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/y_mevzuat.aspx).
- The Chamber of Electrical Engineers (2017). *Turkey Electricity Energy Statistics*, Retrieved June, 2017 from [http://www.emo.org.tr/genel/bizden\\_detay.php?kod=88369#.WNfACW-LTIU](http://www.emo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=88369#.WNfACW-LTIU).



- Energy Atlas (2017). *Solar Power Plants*, Retrieved June, 2017 from <http://www.enerjiatlasi.com/gunes>.
- El-Shimy, M. (2009). Viability Analysis of PV Power Plants in Egypt, *Renewable Energy*, 34, 2187-2196.
- Harder, E. and Gibson, J.M. (2011). The Costs and Benefits of Large-Scale Solar Photovoltaic Power Production in Abu Dhabi, United Arab Emirates, *Renewable Energy*, 36, 789-796.
- Özgür, M.A. and Köse, G. (2013). A Technoeconomic Analysis of Solar Photovoltaic Power Systems: Kütahya Case Study, *Energy Sources Part A-Recovery Utilization And Environmental Effects*, 35, 42-57.
- Holdermann, C., Kissel, J. and Beigel, J. (2014). Distributed Photovoltaic Generation in Brazil: An Economic Viability Analysis of Small-Scale Photovoltaic Systems in the Residential and Commercial Sectors, *Energy Policy*, 67, 612-617.
- Chandel S.S. and Sharma V. (2013). Performance Analysis of a 190 kW<sub>p</sub> Grid Interactive Solar Photovoltaic Power Plant in India, *Energy*, 55, 476-485.
- Paudel, M. and Sarper, H. (2013). Economic Analysis of a Grid-Connected Commercial Photovoltaic System at Colorado State University-Pueblo, *Energy*, 52, 289-296.
- Sudhakar, K. and Kumar, B.S. (2015). Performance Evaluation of 10 MW Grid Connected Solar Photovoltaic Power Plant in India, *Energy Reports*, 1, 184-192.
- Li, C. and Yu, W. (2016). Techno-Economic Comparative Analysis of off-grid Hybrid Photovoltaic/Diesel/Battery and Photovoltaic/Battery Power Systems for a Household in Urumqi, China, *Journal of Cleaner Production*, 124, 258-265.
- Sidi, C.E.B.E., Ndiaye, M.L., Bah, M.E., Mbodji, A., Ndiaye, A. and Ndiaye, P.A. (2016). Performance Analysis of the First Large-Scale (15 MW<sub>p</sub>) Grid-Connected Photovoltaic Plant in Mauritania, *Energy Conversion and Management*, 119, 411-421.
- Turkish Statistical Institute (2017). *Statistical Indicators*, Regional Statistics, available on: <https://biruni.tuik.gov.tr/bolgeselististik/sorguGiris.do>, 2017 (in Turkish).
- Turkish Statistical Institute, *Main Statistics, population and Demography*, Retrieved June, 2017 from <http://www.turkstat.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>.
- Solargis (2017). *Solar Resource Maps for Europe*, Retrieved June, 2017 from <http://solargis.com/assets/graphic/free-map/GHI/Solargis-Europe-GHI-solar-resource-map-en.png>.
- NASA Atmospheric Science Data Center (2017). *Surface Meteorology and Solar*, Retrieved June, 2017 from <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/>.
- Jinko Solar (2017). *JKM320M Data Sheet*, Retrieved June, 2017 from <http://www.jinkosolar.com/ftp/EN-JKM320M-72.pdf>.
- REFUsol (2017). *867P020.010 Data Sheet*, Retrieved June, 2017 from [http://refusol.com/fileadmin/user\\_upload/Datenblaetter/20161111\\_Datasheet\\_8-23K\\_EN.pdf](http://refusol.com/fileadmin/user_upload/Datenblaetter/20161111_Datasheet_8-23K_EN.pdf).
- Hendese Energy Company (2017). *1 MW Capacity Photovoltaic Power Plant's Price Offer*, Retrieved June, 2017 from <http://hendeseenerji.com/>.
- Goverment of Canada, Natural Resources Canada (2017). *RETScreen Software*, Retrieved June, 2017 from <http://www.nrcan.gc.ca/energy/software-tools/7465>.
- Lee, K.H., Lee, D.V., Baek, N.M., Kwon, H.M. and Lee, C.J. (2012) Preliminary determination of optimal size for renewable energy resources in buildings using RETScreen, *Energy*, 47, 83-96.
- The Turkish Sustainable Energy Financing Facility (2017). *Stand Alone Renewable Energy Projects*, Retrieved June, 2017 from <http://www.turseff.org/en/page/eligibility#3>.



- Demirtürk, Can. (2013). Wind and Sun Energy Investment Feasibility, *M.S. Thesis, İstanbul Commerce University, Industrial Engineering Department, İstanbul.*
- Kahya, E. (2006). *Engineering Economics*, Eskişehir Osmangazi University Publishing House, Eskişehir.
- Republic of Turkey Ministry of Finance (2017). *Revenue Administration, Law no. 5520 “Corporation Tax Law”*, Retrieved June, 2017 from [http://www.gib.gov.tr/fileadmin/user\\_upload/Tebliğler/5520/5520\\_genteb1\\_tum.pdf](http://www.gib.gov.tr/fileadmin/user_upload/Tebliğler/5520/5520_genteb1_tum.pdf).



## EMPIRICAL MODELING, CONTROL, AND OPTIMIZATION OF CHEMICAL PROCESSES

Serap Seçkiner

University of Gaziantep, Department of Industrial Engineering

seckiner@gantep.edu.tr

Al Mothana Al Shareef

Kayalar Dorse Co.-Nizip/Turkey

engr1st@gmail.com

**Abstract:** This study aims to implement different empirical modeling approaches on the chemical processes exist in the lubricant (lube) oil recycling unit which is located in Turkey as our case study. The specific purpose of the study is to deploy four different predictive tools on our chemical processes namely: (1) Multiple Linear Regression (MLR), (2) Multiple Nonlinear Regression (MNLR), (3) Artificial Neural Networks (ANN) and (4) Ridge Regression (RR). Another purpose of the study is to control chemical processes as well as to optimize them through building mathematical model. Initially, dataset consisting of 82 observations was established from the daily record of the chemical unit; temperature and pressure as the system's independent variables, and light gas oil (LGO), moderate gas oil (MGO) and heavy gas oil (HGO) in respect of quantity as dependent variables of the system. These parameters undergo three quality constraints of LGO, MGO and HGO. By utilizing this dataset, four different predictive models were created, trained and finally compared in term of their forecasting performance like, Mean Square Error (MSE) and Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Software tools like, SPSS, MATLAB, NCSS, and Excel were used for this purpose. The study found that empirical modeling approach proved efficient way of modeling chemical processes, e.g. ANN model can better represent chemical system processes by securing lowest MAPE with 2.42 followed by Ridge Regression (RR), Nonlinear Regression (MNLR), and lastly, Linear Regression (MLR) with 3.19, 5.18 & 5.62 respectively. Finally, the study dealt with controlling and optimizing of chemical processes by solving the mathematical model. As a result, we obtained optimal operational parameters for the system that could help in reducing waste of 4300 liters/week of gas oil (around 3% of final production) and raised production rate from 57% to above 70% under specified quality requirement demanded.

**Key Words:** Empirical modeling, Multiple Linear Regression, Multiple Nonlinear Regression, Artificial Neural Networks, Ridge Regression, mathematical modeling.

## INTRODUCTION

Nearly all chemical reactions and processes are complex in nature as they exhibit non-linear, non-equilibrium and unsteady behavior. This complexity is because of certain phenomena that happens naturally and undergo physical and chemical laws.

In chemical industries, stakeholders seek to continuously increase productivity and profitability of the chemical processes to survive in the market. To achieve this goal, it is crucial to ensure chemical plants are run with optimal efficiency despite of numerous constraints influencing their processes. To enhance productivity of a process, design and safety with minimal capital and operating cost, it is vital to understand the dynamical characteristics or performance of the processes in any chemical plant. The process



characteristics can be realized through implementation of predictive analysis by building up predictive models either based on first principle or empirical approaches. However, empirical approach is preferred in this work over the fundamental or first-principle approach for their efficacy and easiness where these models should correctly capture the exact characteristics of a system. However, empirical modeling approaches are many and vary in term of their prediction capability.

The term “predictive analytics” is the heart of every modeling operation that is intended to forecast upcoming events of a system. Predictive analytics helps reveal unseen relationships in the information and data that can help one predict with greater assurance what may happen in the future, and deliver you with valued perceptions for your organization (Anassie Bari, Mohamed Chaouchi, Tommy Jung, 2017). Eric Siegel (2016) defined predictive analytics as “technology that leans from experiential data to forecast the imminent or future behavior of entities so as to drive better decisions. Siegel also defined earlier in 2013 as “predictive analytics is the learning, understanding and use of information (data) to predict future outcomes”.

In simple words, predictive analytics is learning when to lie, buy, or click through prediction ability according to Eric Siegel (2016).

Predictive analytics has been growing in popularity in recent years. However, one of the earliest attempts to prediction was in the World War II. Norbert Wiener, the father of “cybernetics,” started trying to determine the performance of German airplane pilots in 1940-with the goal of shooting them from above. His methodology was to consider the trajectory parameter as the input parameter and predicts where the plane would be in order to fired shell could hit it. Unfortunately, Wiener could only predict only one second ahead of a plane’s signal, nonetheless twenty seconds of forthcoming trajectory were necessary to shoot down a plane.

There are numerous applications of predictive analytics involving forecasting models specially in every field of human activity. For example, in the scope of mechanical engineering, detecting maintenance time when trained worker shortage is noticed is helpful to monitor heat exchanger performance. In chemical process industry, forecasting need is more efficiently sought by applying statistical analysis. Governments monitor mortgage insurance using fully or partially automated systems and organize raw data form multiple streams. In the area of human resources management, predictive labor force analytics has been established to apply multivariate regression models to understand and manage employee turnover. Predictive analytics has been also useful in generating procedures to predict industries, training, controlling staff hours, production schedules, and other sensor data to detect risk at certain locations, along with ideas for moderation. Predictive analytics has been introduced scholastically to monitor applications of predictive analytics in the health sector; models have applied regression and functional estimate to more precisely predicted clinical patient stay period (David L. Olson, Dsheng Wu, 2017).

Predictive analytics covers a diversity of statistical tools starting from machine learning, predictive modeling, and data mining that studies current and historical truths to make estimates about future or otherwise unknown events (Nyce, Charles, 2007). However, machine learning, regression analysis, and regularization algorithm tools are among the most popular techniques that are followed for construction of the predictive models.

Chemical process control and optimization always pose a great deal of tedious and (sometimes impossible) work because it necessitates the need for modeling these processes. However, this task won’t be easy due to the nature of the chemical processes. As stated before, chemical processes are complex in nature, nonlinear and interactive. In addition, traditional control approaches do not handle nonlinearities issues, interaction, and



the multiple process constraints very well. It typically reacts to process disturbances after they have already occurred. In spite of this knowledge, chemical processes traditionally have been controlled by using linear systems analysis and design tools. A major reason that the use of linear systems theory has been so pervasive is that there is an analytical solution; hence there are generally more rigorous stability and performance proofs (B.Wayne Bequette, 1991).

However, in spite of the recognized importance of process nonlinearities, a number of review articles from the early 1980s mention nonlinear systems techniques only in passing. Ray (1983) surveys the field of multivariable process control, with nonlinear systems playing a small role. During the first three engineering foundation conferences on chemical process control (Foss and Denn, 1976; Seborg and Edgar, 1982; Morari and McAvoy, 1986) the only papers that focused on nonlinearities were Ray (1982), Shinnar (1986), and Morschedi (1986).

In this research, chemical processes are dealt with on the basis of nonlinear fashion considering the dynamic and unsteady-state behavior of the system. In general, there are two types of model; fundamental and empirical model. The fundamental model; also known as first-principle or parametric model; is built on concept of physical-chemical relationships. Actually, these models are obtained by applying conservation principle, reaction kinetics, transport phenomena, and thermodynamic (e.g., phase equilibrium) relationships. On the one hand, fundamental models offer some potential disadvantages that they are time consuming to develop and they often have a large number of equations with many parameters that need to be estimated. On the other hand, the empirical model has certain advantages over the fundamental one. The empirical model is generally developed to use when the actual process is too complex and the underlying phenomena are not well understood or when the numerical solution of the fundamental model is quite difficult or when the empirical model provides satisfactory predictions of the process characteristics. Experimental plant data are used to develop a relationship between the process input and process output as an empirical model using a mathematical framework such as artificial network (ANN) (Rojas, 1996), least square method (LSM) (Jain, Iyengar and Jain, 1995), etc.

In this research, empirical modeling approach is considered and different predictive models are generated based on the historical dataset collected from the lube oil unit. Lube oil recycling unit; as a case study; is a typical chemical process plant as it was designed, manufactured, and tested personally. The system's input (independent) variables are temperature and pressure, which can stimulate the process and can induce change in the internal conditions of the process. The system's output (dependent) variables are the final product of the distillation process; mainly are light, moderate and heavy gas oil. These types of variables cannot be manipulated but can represent the internal state of the process. Four well-known empirical approaches were followed to construct predictive models for the lube oil recycling unit: (1) Multiple Linear Regression, (2) Multiple Nonlinear Regression, (3) Artificial Neural Network and (4) Ridge Regression where each hold discrete properties and has pros and cons. In our research, we compared the prediction performance of each technique against some performance metrics. Meanwhile, we found out the optimal parameters of the system's process through construction of solved mathematical model.

There are many recent studies which have been conducted in the field of process modeling and optimization. In these studies, predictive models were generated and tested for the purpose of predicting possible future events of the chemical processes. Some previous studies and applications are as below:



- Prediction of mass-transfer coefficients found in the electrochemical refining of metals (Wizzard and Fehrman, 1991)
- Estimation of the strength of acid of mixed oxides during multicomponent catalyst design (Kito et al, 1992)
- Estimation of tray temperatures inside distillation columns (Schnelle et al, 1990; Chenng et al., 1992; Ponton and Klemes, 1993)
- Estimation and calculation of the silicon contents by estimating it in the pig iron from blast furnace data (Bulsari and Saxen, 1991)
- Prediction of fermentation variables (Oishi et al., 1992; Hofland et al., 1992)
- Prediction of complex kinetics existing in the metallurgical and mineral processing (Reuter et al., 1993)
- Estimation of a dying system's performance (Huang and Mujumdar, 1993)
- Prediction of the carbon-in-leach gold-recovery process (Van der Walt et al., 1993)
- Prediction of measurable structure-activity associations (OSAR) of pharmaceuticals (Lie et al., 1992a, b)
- Estimation of autoclave performance data in composite manufacturing (Wu, 1990; Wu and Joseph, 1990; Joseph et al., 1992; Shiek, 1992; Joseph and Wang, 1993)
- Prediction of formulations in material processing (Gill and Schutt, 1992)

## METHODOLOGY

The research methodology is implemented with the mean of quantitative methods and statistical tools. As illustrated in Figure 1 work flow diagram shows 4 phases during the research methodology starting with data collection and collection, through model construction and ending with building of mathematical model for the chemical process exist in the lube oil recycling unit.

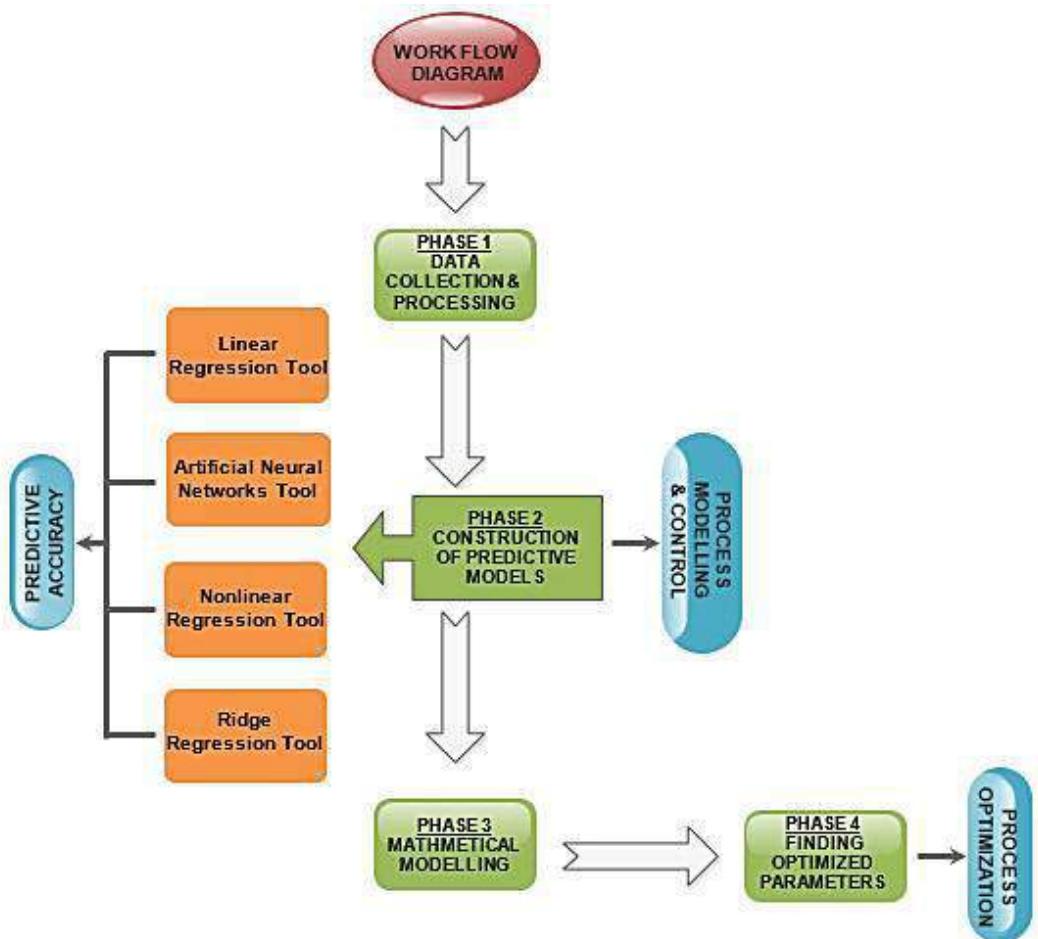
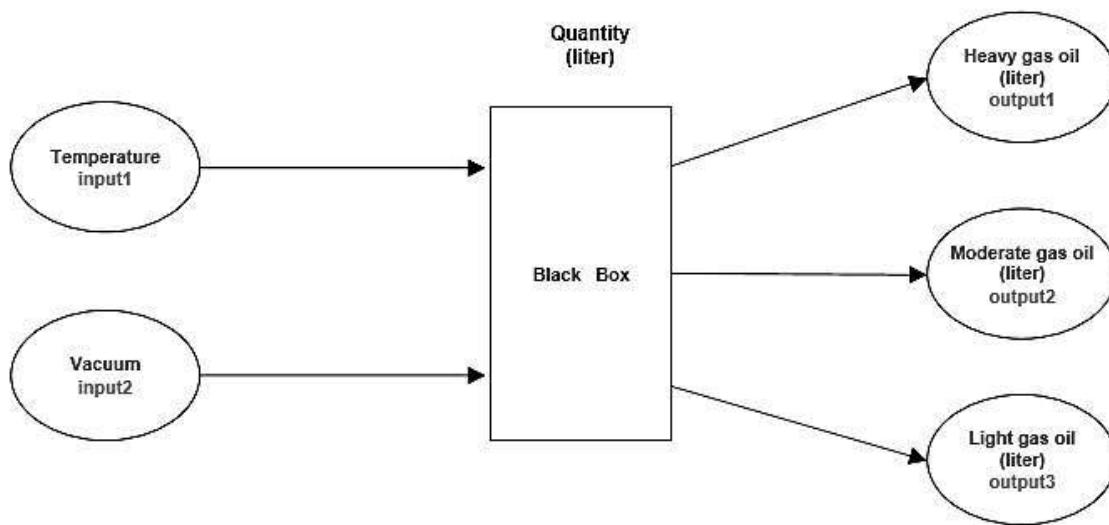


Figure 1. Methodology Work Diagram

## Phase (1)

### 1.1 Collecting the data

Data collection can be defined as the process of collecting and gathering information and data. The data, then, is measured based on targeted variables in a systematic way. However, the lube oil recycling unit contains two input (independent or controllable) variables and three output (dependent or uncontrollable) variables. A set of 82 observations were taken experimentally from the chemical system from the daily record during the testing period. It is a worthy to say that the system was run under three constraints. The full description of parameters involved in the chemical system is illustrated in Figure 2 as below:



**Figure 2. Input-Output Block Diagram**

There are several ways to collect data such as survey, simulation or experiment. However, in our study, we collected data by doing an observational study. In data sampling, we took readings by direct observation method. We tried to fit our sample size to our system in regard of the nature of the system. That is to say, between 60 to 100 samplings is rational and can represent sufficiently the real system as far as chemical process is concern and our sample size was set up to 82.

### 1.2 Preprocessing the data

Pre-processing is to be the primary step in data mining and discovery and implies eliminating the inappropriate, noisy, unreliable, incomplete, redundant data, which can have a negative impact on the entire process. The reason is that the process results are sensitive to the quality of data (Ignac Lovrek, Robert J. Howlett, L. C. Jain, 2008).

### 1.3 Data cleaning

Data cleaning is meant by “cleaning” targeted data by substituting or filling any missing data or values, smoothing noisy data, identifying and then omitting all outliers, and fixing inconsistencies (Jiawei Han, Jian Pei, Micheline Kamber). In this phase of data preprocessing, we first detect and “clean out” all corrupt records in the datasets of input values e.g. missing data, outlier or noisy data, and anomalies, which were treated and removed from the dataset and ready for processing.

### 1.4 Data transformation

We transform our data to data proper for analysis and thus, we perform linear transformation on the original data using min-max normalization method. This method suggests that we find our maximum and minimum values from our dataset and assign them to a range between [1, -1] or [0,1].

In order to bring all values into the range [-1,1] of all input and output data, we deployed the mathematical formula (1) as below:



$$x' = 2 \frac{x - \min x}{\max x - \min x} - 1 \quad (1)$$

It is important to notice that the reason behind the normalization step is that if input values as they appear in the initial datasets are fed into the neuron, integration process may yield very high results, which would cause the transfer function (in case of ANN modeling) to exhibit low performance to resolve between small changes in input data and lose its sensitivity.

### 1.5 Postprocessing the data`

After the normalized datasets being processed by the proposed ANN models, generated network output is gone through the post-processing procedure. This includes the demoralization of the network's output.

#### D-Normalization the data

Before the datasets were fed into the network, it was normalized. Thereby, after all calculations are finalized, the output of neural network is renormalized using the following formula (2):

$$y_D = 0.5[y_N(x_{max} - x_{min}) + (x_{max} + x_{min})] \quad (2)$$

Where  $y_N$  is the network output,  $y_D$  is the de-normalized network output,  $x_{max}$  and  $x_{min}$  are the normalization parameters of the input data set.

### Phase (2)

#### 2.1 Construction of predictive models

To control processes in any chemical plant, it is very critical to understand the processes and their behavior. To do so, we need to construct models that can predict future events for the system. This allows us to take preventive action and avoid unnecessary spending and waste. Predictive modelling is an ensemble of statistical algorithms coded in a statistical tool, which when applied on historical data, outputs a mathematical function (or equation). It can in-turn be utilized and formulated to predict future events based on some inputs (on which the model operates) from the future to drive a goal in business context or enable better decision making in general (Ashish Kumar, 2016).

#### 2.2 Multiple linear regression (MLR) model

In this research, we unleashed statistical relationship between 2 input variables (temperature and vacuum) and one output variable (light gas oil quantity) and once we are fully satisfied with the statistical relationship exists, we modeled the relationship mathematically and then used the model of prediction. Excel and SPSS programs were used to generate linear function of the chemical system.

#### 2.3 Multiple nonlinear regression (MNLR) model

Nonlinear regression resembles its previous type; linear regression; in that it explores the association between variables with dependent and independent nature to evaluate the involvement of the independent variables and to identify their impact on the dependent variable. However, nonlinear regression approach tries fitting a nonlinear equation by considering polynomial function of input variables. In this research, we unleashed



statistical relationship between 2 input variables (temperature and vacuum) and one output variable (light gas oil quantity) and once we were confident that this statistical relationship exists, we modeled the relationship mathematically and then used the model of prediction. MATLAB program was used to generate polynomial function of the chemical system.

#### **2.4 Artificial neural networks (ANN) model**

The ANN is extremely a simplified and “shortened” model and emulation of the brain and essentially a function approximator that transform inputs to outputs to the best of its ability and according to (Kevin, 1997) artificial neural networks may be thought of as simplified models of the networks of neurons that occur naturally in the animal brain.

Here, our objective is to build a model that represent the real-world existing systems. This model should correctly mimic and predict the future results of the real system(s). The advantage of the ANN is to learn the relationship between inputs and outputs by non-statistical approach. These ANN-based methodologies don't require any predefined mathematical models. They are a universal nonlinear function approximator.

##### **2.4.1 Network architecture**

In this study, we adopted the supervised network where neural networks are trained to produce desired outputs in response to sample inputs, preparing them in well manner to suit the model and control dynamic systems, and predict future events.

Multilayer perceptron (MLP), which is a member of the feedforward neural networks (FFNN) family, was sought in our 1st model. That is FFNN yields better result in terms of accuracy when applied to chemical processes. Matlab neural network toolbox is utilized to build the network model and then the corresponding Matlab code is generated and further developed to serve the purpose.

##### **2.4.2 ANN topology**

A two-layer feed-forward network can categorize any vectors in a random way by given sufficient number of neurons in its hidden layer. The neurons in the entire hidden layer use the tangent sigmoid transfer function whereas the output neuron uses the pureline transfer function. In this study, we tried out four different ANN topologies so as to have the best possible ANN model. Every time we obtained new topology by altering the configuration (number of neurons) in the hidden layer(s). These topologies are: (2:12:3), (2:12:3), (2:30:3), (2:36:3). The shorthand notation for this proposed network topology is 3-N-1 where 2 is the number of nodes in the input layer, N represents the total number of neurons located in the hidden layer, and 3 represents the number of neurons located in the output layer. The proposed network model is provided in Figure 3.

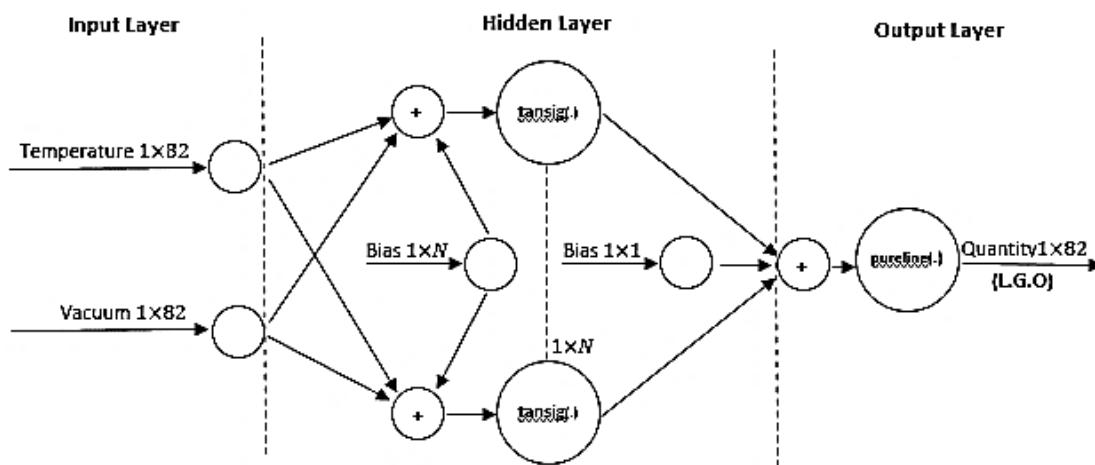


Figure 3. Proposed Network Model

#### 2.4.3 Validation of the proposed ANN model

The objective of training and validation steps is to produce an optimal weight space in order to establish the mapping of the extracted noise components from input and target datasets. After the ANN is built, previously preprocessed and normalized datasets are arranged into the network. There are total 82 samples for each gas oil type (L.G.O, M.G.O, and H.G.O).

The datasets were sorted and divided into three data subsets, i.e., training, validation, and testing set for 10 different set data. That is to say, samples were proportionally configured as below:

58 samples for training purposes (70%)

12 samples for validation purposes (15%)

12 samples for testing purposes (15%)

Where,

Training: these are presented to the network during training, and the network is adjusted according to its error.

Validation: validation is used to calculate and measure network generalization, and to pause training process by the time generalization stops improving.

Testing: these holds no influence on training process and so offer an independent quantity of network performance during and after training (MATLAB, 2016).

#### 2.4.4 Training algorithms and activation functions

There are three well-known training algorithms and are successfully used in modelling various chemical process systems:

Levenberg-Marquardt (LM)

Scaled Conjugate Gradient (SCG)

Bayesian Regularization (BR)

These algorithms belong to the backpropagation algorithms group and are assigned for the multilayer perceptron (MLP) feedforward neural networks. They were separately

investigated in our model and are compared finally. i.e., training algorithm which yield better performance in the model was selected to train the ANN model.

#### 2.4.5 Activation functions

In this study, two types of activation function (transfer function) were adapted.

Sigmoid function (tangential) – Hidden layers' neurons

We applied the sigmoid function in our hidden layer's neurons. Sigmoidal functions are function approximation and can best represent processes with non-linearity in nature and with dynamic behavior. They are very popular in chemical process control applications. The sigmoid function consists of 2 functions, logistic and tangential. As shown in figure 4, the values of logistic function range from 0 and 1 while -1 to +1 for tangential function.

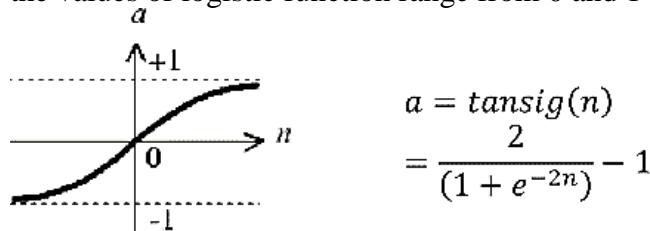


Figure 4. Sigmoidal Function

Linear transfer function – Output layers' neurons

We applied the linear transfer function in our output layer's neurons. Linear transfer functions calculate a layer's output from its net input. Figure 5 shows the linear transfer function..

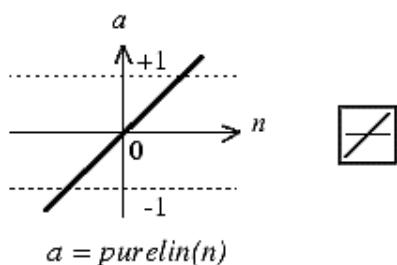


Figure 5. Linear Transfer Function

#### 2.5 Ridge regression (RR) model

Ridge Regression, as was discussed in the previous chapter, belongs to the Regularization algorithms and it is a technique used when the data suffers from multicollinearity. To build ridge regression model, we need to consider the equation (3) as our model equation.

The regression model equation can be noted as:

$$Y = XB + e \quad (3)$$

Where Y is the variable representing the dependent variable, while X variable represents the independent variables, B constant represents the coefficients of regression which, in turn, is to be estimated, and e represents the errors or residuals. However, Modeling with ridge regression algorithm has encountered some obstacles. The most tiring and important issue is overcoming obstacles concerning with using ridge regression is in deciding the



proper value of k. Hoerl and Kennard (1970), where k is a small positive value (usually less than 0.3) added to the diagonal elements of the correlation matrix as:

$$\hat{\beta} = (\mathbf{R} + k\mathbf{I})^{-1} \mathbf{X}' \mathbf{Y} \quad (4)$$

### 2.5.1 Standardization

In ridge regression, it is always customary to begin the first step is to standardize the variables of dependent and independent values through subtracting the means then dividing by the standard deviation. (both dependent and independent) by subtracting their means and dividing by their standard deviations. Nevertheless, standardization can be performed statistically when deploying data into the NCSS software. Thus, in this study we created our model by using NCSS software.

### 2.6 Performance metrics

We generated with the constructed models lists of forecasted or predicted readings and they were compared with their relevant actual values. Finally, we applied performance metrics on all four models' results using the following performance metrics:

MAD; The mean absolute deviation is the sum of absolute differences between the actual value and the forecast divided by the number of observations.

Where

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |A_t - F_t|}{n} \quad (5)$$

MSE; The mean square error is perhaps the most generally used error performance metric. All it does is penalizing any larger errors so as to squaring larger numbers imposes a greater impact than squaring smaller one. Lower values are better. Zero means no error.

Where

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2}{n} \quad (6)$$

RMSE; The root mean square error is the square root of the MSE.

Where

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2}{n}} \quad (7)$$

MAPE; The mean absolute percentage error is the average of absolute errors divided by actual observation values.

Where

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right|}{n} \times 100 \quad (8)$$

Regression R Values (R) - measures the correlation between outputs and targets. An R value of 1 means a close relationship, 0 a random relationship.

Where

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \sqrt{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}} \quad (9)$$

### Phase (3)



### 3.1 Mathematical modeling

Mathematical modeling was beautifully explained by Mark M. Meerschaert (2013) as the bridge that joins mathematics with the rest of the world. The input-output terminology is used in areas of modeling where the model is viewed as a box into which we feed information and obtain information from. The parameter-independent-dependent terminology is the standard mathematical usage. We can think of the situation we are modeling as being a “black box” which outputs something for every input. Modeling can avoid or reduce the need for costly, undesirable, or impossible experiments with the real world.

Curve fitting is the process of constructing a curve, or mathematical modeling, that has the best fit to a series of data points (Arlinghaus, 1994). Our objective here is to obtain all mathematical functions that represent or highlight the relationships among our parameters which will certainly help us understand better these relationships and assist us in constructing our mathematical models. To do so, we utilized the surface-fitting technique found in the MATLAB 2016. There are two parameters categories in modeling inter-relationships with mathematical functions. Each function includes two separate independent variables and one dependent variable as below:

#### Quantity parameters

Temperature/vacuum - light gas oil (LGO)  
Temperature/vacuum -moderate gas oil (MGO)  
Temperature/vacuum -heavy gas oil (HGO)

#### Quality parameters

Temperature/vacuum - light gas oil (LGO)  
Temperature/vacuum -moderate gas oil (MGO)  
Temperature/vacuum -heavy gas oil (HGO)

### Phase (4)

#### 4.1 Finding optimized parameters

Optimization of models are designed to determine the values of the control variables which lead to the optimal outcome, given constraints of the problem (Mark M. Meerschaert, 2013). In this phase, we found the optimized parameters through solving the mathematical model just generated in the third phase. To do so, we applied the five-step method on our model. These steps are as follow:

**Step 1:** ask the question-here question must be asked in the form of mathematical terms for all assumed mathematical quantities like temperature (T) in degree Celsius (c°), quantity in liters (L) and so on for the remaining identified variables involved in our system. In addition, assumptions and objective function must be states as well as stated below:

#### Variables:

T = x = temperature (degree Celsius, c°)  
V = y = vacuum (mmHg)  
LGO(*qty*) = light gas oil/quantity (liter, l)  
MGO(*qty*) = moderate gas oil/quantity (liter, l)  
HGO(*qty*) = heavy gas oil/quantity (liter, l)



HGO(*quly*) = heavy gas oil/quality (liter/m<sup>3</sup>)

MGO(*quly*) = moderate gas oil/quality (liter/m<sup>3</sup>)

LGO(*quly*) = light gas oil/quality (liter/m<sup>3</sup>)

**Assumption:**

HGO(*quly*) = 855 liter/m<sup>3</sup>

$853.5 \geq \text{MGO}(\text{quly}) \geq 851.5$  liter/m<sup>3</sup>

$846 \geq \text{LGO}(\text{quly}) \geq 843$  liter/m<sup>3</sup>

$280 \leq x \leq 400$  °C

$655 \leq y \leq 730$  mmHg

**Objective:**

Maximize P(total)

**Step 2:** select the modeling approach and conditions- here problems can be stated in a standard form for which effective general solution procedure exists. We specified our modeling approach as two variables optimization problem. i.e., temperature and vacuum are our two independent variables in the system.

**Step 3:** formulate the model-we need to take the question exhibited in step 1 and bring it back or reformulate to its original standard form selected in the step 2, so that we can apply the standard general solution procedure. In our case we reformulate the objective function:

$$p = \text{LGO}(\text{qty}) + \text{MGO}(\text{qty}) + \text{HGO}(\text{qty}) \quad (10)$$

where p is the total production of all final products.

**Step 4:** solve the model- In this step, we built and mathematical model by mathematical programming using constrained nonlinear optimizer found in MATLAB version 2016a, optimization tool. We utilized our mathematical functions obtained previously in step 1 including the objective function as well as the constraints.

**Step 5:** answer the question- finally, we obtained the optimal parameters by which we answer our question to the maximizing of the system's final products under specified constraints. The targeted controllable variables (temperature and vacuum) are given certain range where they retain optimal condition in the system.

## RESULTS AND DISCUSSION

There were 82 observations taken from the lube oil recycling unit's historical record on various timing. Working temperature and vacuum constitutes the inputs variables of the system while quantity and quality (for each light, moderate, and heavy gas oil) constitute the output variables of the system. We performed statistical analysis on our dataset using SPSS software in order to check their applicability ahead of processing. Table 1 shows statistical data analysis. As was observed in figure 5 that we have obtained almost all attributes with slightly positively-skewed which indicates that data are skewed right-tail. Moreover, we obtained one single attribute with negative skewness. This means that our datasets are "somewhat" asymmetrical distributed but cannot be handled as a normal distribution.

Standard normal distribution has a kurtosis of zero and since our data available data distribution is nearly showing normally distributed, we can observe that all attributes retain small negative values of kurtosis except one attribute (Moderate Gas Oil, liter with 4.314).

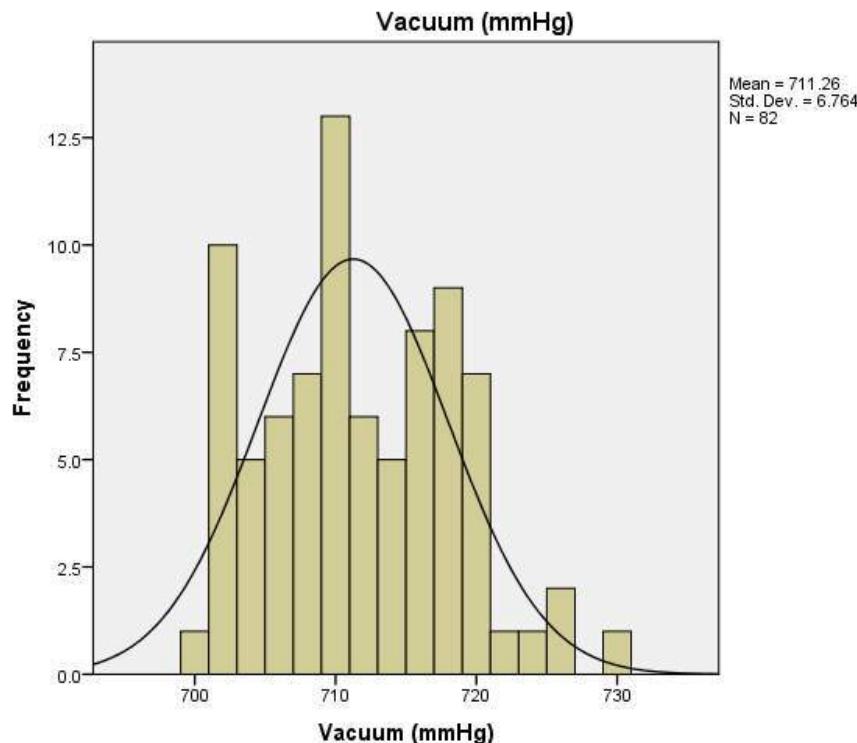


Figure 5. Asymmetrical Distribution of Data

Table 1. Methodology Work Diagram

		Temperature (C°)	Vacuum (mmHg)
N	Valid	82	82
	Missing	0	0
Skewness	.255	.267	
Std. Error of Skewness	.266	.266	
Kurtosis	-.934	-.534	
Std. Error of Kurtosis	.526	.526	

### Data transformation

We transform our data to data proper for analysis and thus, we perform linear transformation of the original data using min-max normalization method. This method suggests that we find our maximum and minimum values from our dataset and assign them to a range between [1, -1].

In order to bring all values into the range [-1,1] of all input and output data, we deployed the mathematical formula (11) as below:

$$x' = 2 \frac{x - \min x}{\max x - \min x} - 1 \quad (11)$$

The reason behind the normalization step is that if input values as they appear in the initial datasets are fed into the neuron, integration process may yield very high results, which would cause the transfer function (tangent sigmoid) to exhibit low performance to resolve between small changes in input data and lose its sensitivity.

### Multiple linear regression (MLR) model

In this research, we aimed at discovering the statistical relationship between variables involved in the controlling of the system's processes. Therefore, we selected one single pattern including 2 independent input variables (temperature and vacuum) and one output variable (light gas oil quantity) and once we were confident that this statistical relationship exists, we modeled the relationship mathematically and then used the model as a predictive model. Excel and SPSS programs were used to generate multiple regression model as a linear function (12) of two variables in first-order class.

$$f(x,y) = -8015 + 36.45x - 0.485y \quad (12)$$

Actual and predicted values were compared and the performance metric is applied on the linear model as illustrated in table 2 and the graphical representation between actual and predicted values were compared as in table 2. Figure 6.

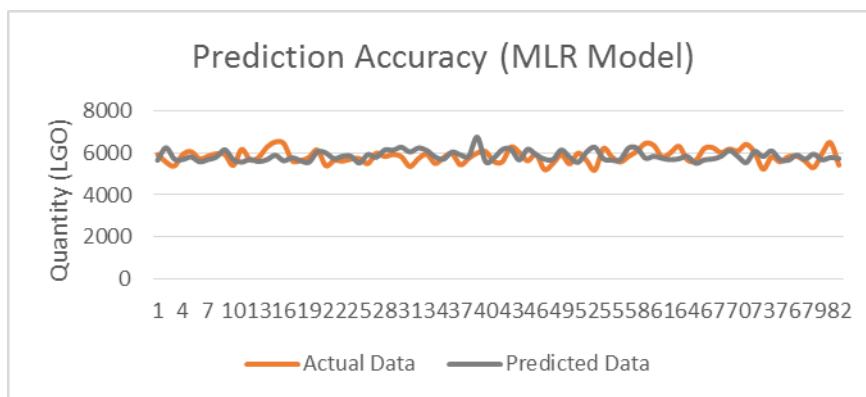


Figure 6. Multiple Linear Regression Prediction Accuracy

Table 2. Multiple Linear Regression Performance Metrics

Multiple Linear Regression Model				
Prediction Performance				
n	MAD	MSE	RMSE	MAPE
82	329	16186	402	5.62

### Multiple nonlinear regression (MNLR) model

Nonlinear regression models resemble their previous type. However, they attempt to adapt better representation of variables inter-relation by using higher degree of functions, like polynomial function. In this research, we unleashed statistical relationship between 2 input variables (temperature and vacuum) and one output variable (light gas oil quantity) and formulated this relation with second- order polynomial function. MATLAB program was

used to generate this function directly. The multi regression model with second-order and two variables can be written as:

$$f(x, y) = 83363 - 558.3 \times x + 65 \times y + 0.7727 \times x^2 - 0.01111 \times x \times -0.04106 \times y^2 \quad (14)$$

Actual and predicted values were compared and the performance metric is applied on the linear model as illustrated in table 2 and the graphical representation between actual and predicted values were compared as in table 3 and figure 7.

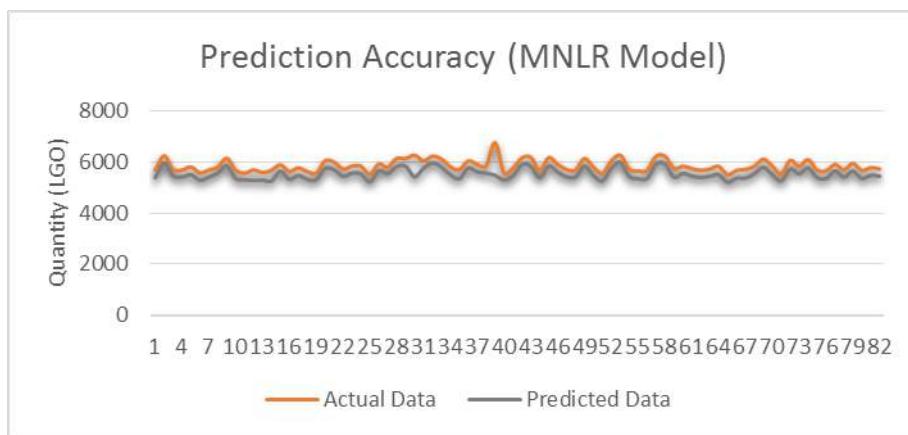


Figure 7. Multiple Nonlinear Regression Prediction Accuracy

Table 3. Multiple Nonlinear Regression Performance Metrics

#### Multiple Nonlinear Regression Model Prediction Performance

n	MAD	MSE	RMSE	MAPE
82	304	10870	329	5.18

#### Artificial neural network (ANN) model

In the ANN modeling our objective is to build a model that represent the real-world existing systems. This model should correctly mimic and predict the future results of our real system. The advantage of the ANN is to learn the relationship between inputs and outputs by non-statistical approach (black box). These ANN-based methodologies don't require any predefined mathematical models. They are a universal nonlinear function approximator.

#### 8.1 ANN topology

In this study, we tried out four different ANN topologies in order to gain the best possible ANN model configuration. Every time we obtained new topology by altering the number of neurons in the hidden layer(s). These topologies are: (2:12:1), (2:20:1), (2:30:3) and (2:36:1) as in figures 8, 9, 10, and 11.

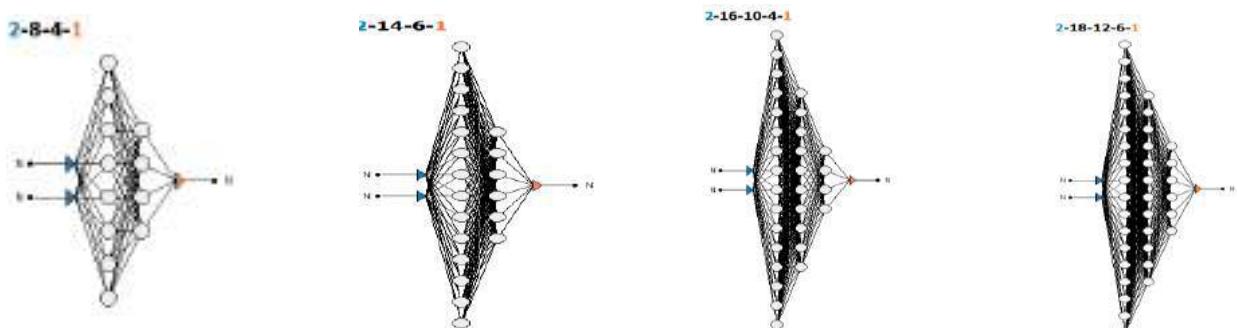




Figure 8. (2:12:1)

Figure 9. (2:20:1)

Figure 10. (2:30:1)

Figure 11.

(2:36:1)

## 8.2 Training algorithms and activation functions

Initially, we had 10 different samples which were randomly picked. These samples contain 82 observations for each.

The dataset of each sample was randomly divided into three different portions for all 10 samples as below:

58 samples for training purposes (70%)

12 samples for validation purposes (15%)

12 samples for testing purposes (15%)

Finally, we tried out our 10 random samples on the four proposed ANN topologies with the three-well-known training algorithm as below:

Levenberg-Marquardt (LM)

Scaled Conjugate Gradient (SCG)

Bayesian Regularization (BR)

Table 4 shows an example of one sample that has been randomly constructed 10 times and trained 10 times with 58%, 12%, and 12% sampling assignment for training, validation and testing respectively using the Scaled Conjugate Gradient (SCG) as training algorithm on the 2-12-1 ANN topology.

**Table 4. Multiple Nonlinear Regression Performance Metrics**

	Test	Train n # 1	Train n # 2	Train n # 3	Train n # 4	Train n # 5	Train n # 6	Train n # 7	Train n # 8	Train n # 9	Train # 10	Test (mean )
MSE	Training	0.02	0.05	0.03	0.03	0.04	0.03	0.02	0.03	0.05		0.036
	Validation	9	0	3	0	6	3	9	1	2	0.030	7
	Testing	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01		0.017
	Training	0.12	0.14	0.13	0.13	0.13	0.14	0.13	0.14	0.15		0.141
	Validation	9	9	9	1	7	8	7	8	0	0.138	0
R-Value	Training	0.91	0.89	0.91	0.89	0.90	0.92	0.91	0.90	0.89		0.906
	Validation	0	2	0	5	8	0	0	9	8	0.903	1
	Testing	0.94	0.96	0.95	0.96	0.94	0.95	0.96	0.95	0.94		0.957
	Training	9	7	9	2	9	3	8	9	9	0.959	9
	Validation	0.78	0.79	0.78	0.80	0.79	0.78	0.79	0.78	0.80		0.791
Epoch Iteration	Testing	8	0	3	2	5	0	2	7	1	0.790	1
	Time (second)	37	39	43	39	44	38	35	37	45	42	40
	R-Value (All)	0.89	0.88		0.87	0.87	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.884



### 8.3 ANN training

#### 8.3.1 Topology:

Table 5. Multiple Nonlinear Regression Performance Metrics

``	Levenberg-Marquardt (LM)			Bayesian Regularization (BR)			Scaled Conjugate Gradient (SCG)		
	Train	Valid	Test	Train	Valid	Test	Train	Valid	Test
MSE	0.04694 <u>0.03558</u>	0.05914		0.04577 0.01339	0.00000		0.03673 0.01721	0.01721	
R-Value	<u>0.91326</u> 0.90796	0.88011		0.91466 <u>0.96193</u>	0.00000		0.90618 0.79112	<u>0.95793</u>	
Epoch Iteration	9			652			40		
Time (second)	≈1			44			6		
R-Value (All)	0.909			0.919			0.884		

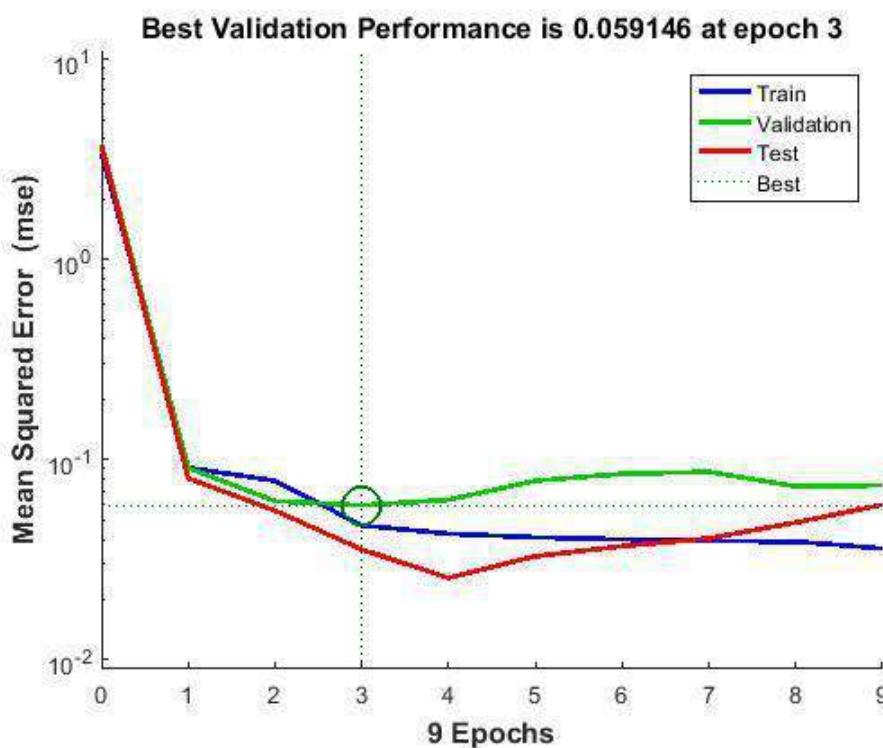


Figure 12. Best Validation Performance (LGO)

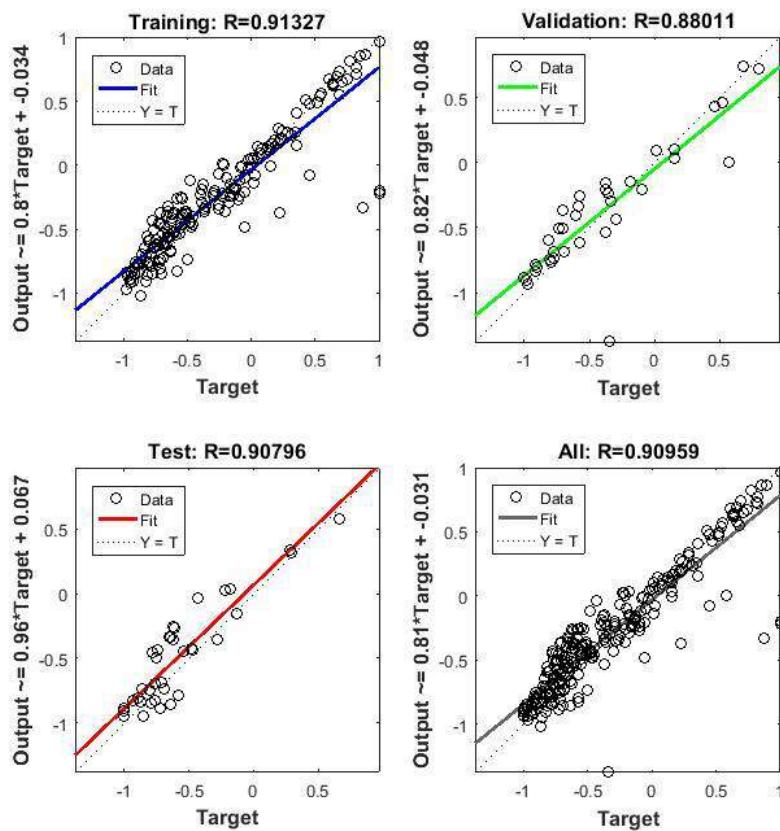


Figure 13. R-value (LGO)

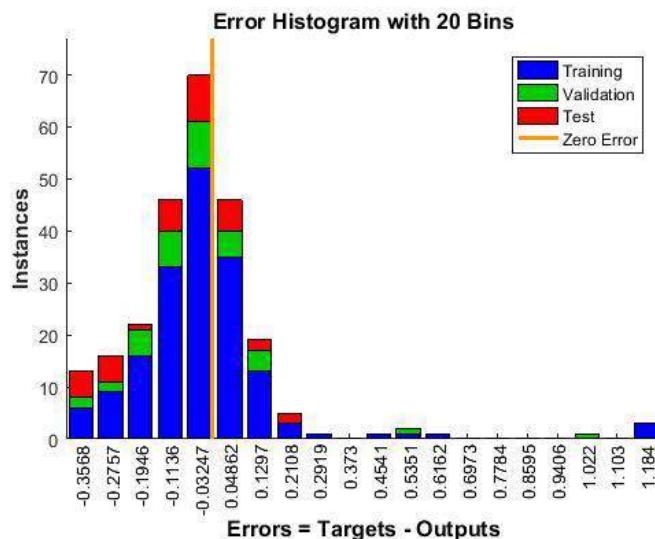


Figure 14. Error Histogram (LGO)

#### 8.4 ANN result analysis

As shown in table 6 and from the previous experiments, for each algorithm, in general, validation or testing sets have higher prediction accuracy (or almost slightly below) compared to the training set which means no obvious overfitting on the training data is observed and generalization is achieved. Yet the SCG algorithm showed high degree of generalization and hence no overfitting at all. The validation set performance reflects the accuracy of forecasting ability in all training algorithms. However, SCG algorithm showed the best value of mean square error (MSE) in respect to the validation with 0.01779. Interestingly, these MSE validation values are very similar and were achieved in the neural network structure whose topology falls within 30 neurons category. However, BR algorithm exhibited best performance regarding the testing set with 0.01186. Furthermore, in respect to the topology of the neural network's neurons, we noticed that 2-30-3 configuration showed the best correlation among the target data and the model's output data with 0.935, 0.921 and 0.889 pertaining the LM, BR and SCG algorithms respectively. As a result, it can be claimed that LM with 2-30-3 network configuration showed better correlation followed by SCG and BR algorithms.

**Table 6. Comparing Between Training Algorithm**

Levenberg-Marquardt (LM)		Scaled Conjugate Gradient (SCG)	Bayesian Regularization (BR)
<b>n</b>	12	12	12
<b>MAD</b>	147	142	178



<b>MSE</b>	25768		23787	35654
<b>RMSE</b>	161 value (All)	MSE	154	189
<b>MAPE</b> metrics	2.55		2.42	3.07

Eventually, with respect to time, it is obviously clear that BR algorithm took significant time before reaching its best validation performance associated with big number of epochs. On the other hand, LM algorithm showed very little time to accomplish its task. The same case for the SCG algorithm with few seconds extra taken as compared to the LM algorithm.

To compare each model's predictivity performance, simulation test was conducted on the three models which were trained by the following algorirhtms: (1) Levenberg-Marquardt (LM), (2) Bayesian Regularization (BR) and (3) Scaled Conjugate Gradient (SCG). Thus, we simulated our best generated model with some real dataset. We picked randomly 12 data samples representing the quantity of the light gas oil attribute from our data table. There are two groups of data i.e. actual and predicted values. We simulated our data in our models and obtained our predicted values. Hence, predicted values were compared to the actual values obtained from the real system.

As we notice from table 7 and figure 15 , SCG algorithm showed best performance and is able to predict values more accurately as compared to other algorithms. SCG secured MAPE value equal to 2.42 followed by LM and BR algorithms with values 2.55 and 3.07 respectively.

**Table 7. Training Algorithm Vs. ANN Topology**

Algorithm	Topology	Levenberg-Marquardt Regularization	Scaled Conjugate Gradient	Levenberg-Marquardt (LM)			Bayesian Regularization (BR)			Scaled Conjugate Gradient (SCG)		
				Train	Valid	Test	Train	Valid	Test	Train	Valid	Test
2-12-3	0.90	0.91	0.884	0.046 0.035		0.059	0.045 0.013		0.000	0.0367 0.0172		0.0172
2-20-3	0.92	0.91	0.920	0.079 0.064		0.066	0.046 0.011		0.0000	0.039 0.016		0.069
2-30-3	<u>0.93</u>	<u>0.92</u>	<u>0.899</u>	0.025 0.076		0.0337	0.038 0.049		0.0000	0.055 0.069		<u>0.017</u>
2-36-3	0.93	0.91	0.903	0.026 0.082		<u>0.0273</u>	0.039 0.053		0.000	0.039 0.111		<u>0.033</u>
Best Validation	<u>0.93</u>	<u>0.92</u>	<u>0.924</u>	<u>0.02734</u>			-			<u>0.01779</u>		
Max time	1	67	3									

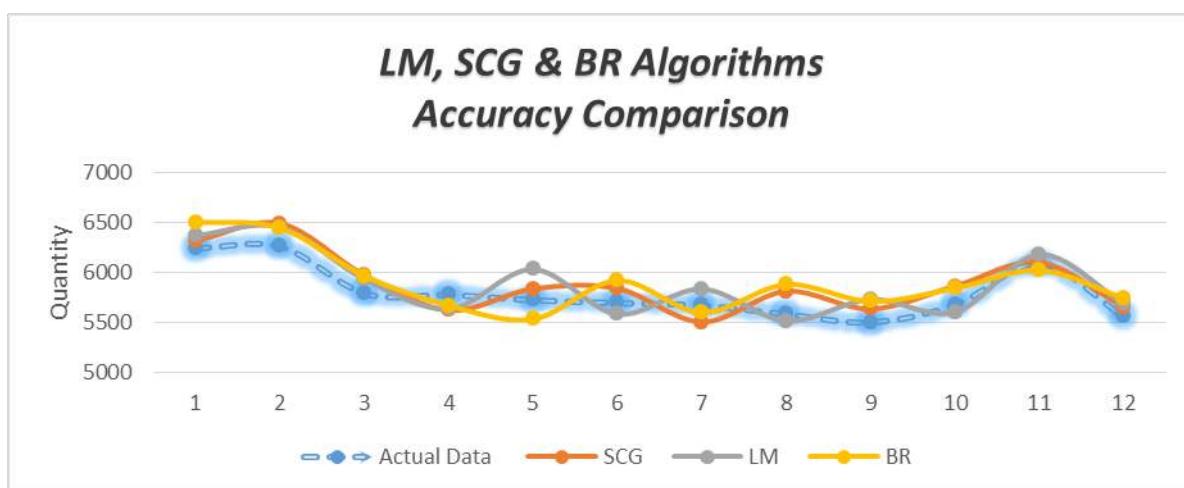


Figure 15. LM, SCG and BR Accuracy Comparison

### Ridge regression (RR) model

Ridge Regression belongs to the Regularization algorithms and it is a technique used when the data suffers from multicollinearity where independent variables are highly correlated. However, the first step is to standardize the variables (both dependent and independent). Nevertheless, standardization can be performed statistically when deploying data into the NCSS interface page. Actual and predicted values were compared and the performance metric is applied on the linear model as illustrated in table 2 and the graphical representation between actual and predicted values were compared as in table 8 and figure 16.

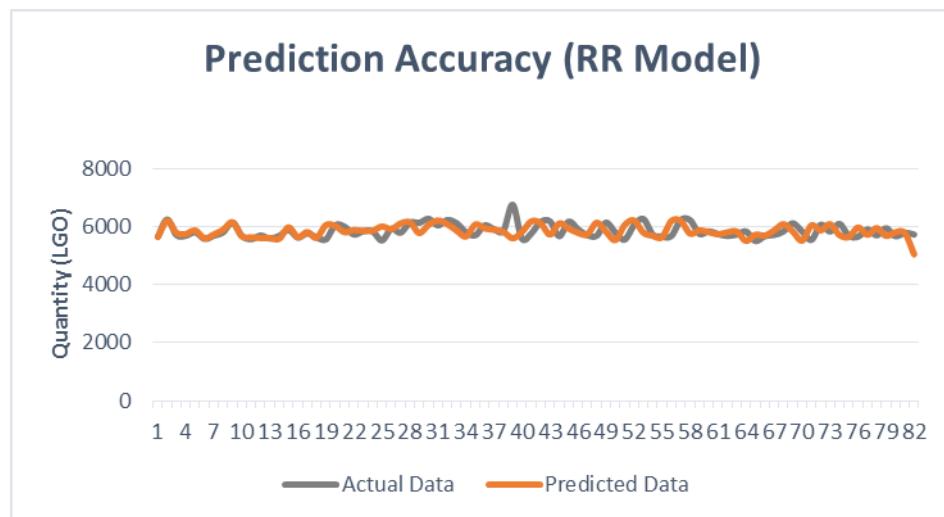


Figure 16. Ridge Regression Prediction Accuracy

Table 8. Ridge Regression Prediction Performance

Ridge Regression Model Prediction Performance				
n	MAD	MSE	RMSE	MAPE
82	192	75874	275	3,27

### Construction of mathematical model

As explained in the previous chapter, prior to the establishment of a mathematical model for our system, we aimed at obtaining all possible mathematical functions that can typically represent the processes in the system taking into consideration all constraints available in the system. Therefore, it is necessary to highlight the relationships among the parameters which will certainly help us understand better these relationships and assist us in constructing the mathematical models. To do so, we utilized the surface-fitting technique found in the MATLAB software. The mathematical functions were obtained by surface-fitting technique as illustrated in figure 17 and the formulas obtained are listed as below:

### Mathematical functions of the quantity parameters

Temperature & vacuum = Light Gas Oil (LGO)

LGO

$$(liter) = f(x, y) = 83363 - 558.3 \times x + 65 \times y + 0.7727 \times x^2 - 0.01111 \times x \times y - 0.04106 \times y^2 \quad (15)$$

Temperature & vacuum = Moderate Gas Oil (MGO)

MGO

$$(liter) = f(x, y) = 96245 - 606.1 \times x + 55.45 \times y + 0.7509 \times x^2 - 0.07234 \times x \times y - 0.05733 \times y^2 \quad (16)$$

Temperature & vacuum = Heavy Gas Oil (HGO)

HGO

$$(liter) = f(x, y) = -70258 + 659.7 \times x - 175.2 \times y - 1.036 \times x^2 + 0.2614 \times x \times y - 0.05199 \times y^2 \quad (17)$$

### Mathematical functions of the quality parameters

Temperature & vacuum = Light Gas Oil (LGO)

LGO

$$(liter/m^3) = f(x, y) = 1471 - 0.6577 \times x - 1.63 \times y - 0.0005 \times x^2 + 0.00199 \times x \times y + 0.000624 \times y^2 \quad (18)$$

Temperature & vacuum = Moderate Gas Oil (MGO)

MGO

$$(liter/m^3) = f(x, y) = 1494 - 0.7056 \times x - 1.521 \times y - 0.00057 \times x^2 + 0.00185 \times x \times y + 0.00057 \times y^2 \quad (19)$$

Temperature & vacuum = Heavy Gas Oil (HGO)

HGO

$$(liter/m^3) = f(x, y) = 125.4 + 2.785 \times x + 0.349 \times y - 0.00253 \times x^2 - 0.0008 \times x \times y - 0.0000027 \times y^2 \quad (20)$$

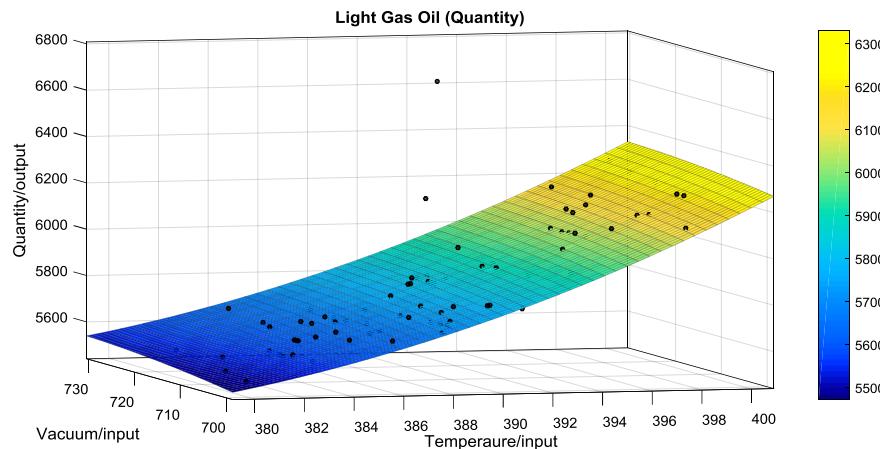


Figure 17. Surface-fitting

### Finding optimized parameters

In this phase, we found the optimized parameters through solving the mathematical model just generated in the third phase. To do so, we applied the five-step method on our model. These steps are as follow:

**Step 1:** determine all variables, assumption, constraints and objective

#### Variables:

T = x = temperature (degree Celsius, c°)

V = y = vacuum (mmHg)

LGO(*qty*) = light gas oil/quantity (liter, l)

MGO(*qty*) = moderate gas oil/quantity (liter, l)

HGO(*qty*) = heavy gas oil/quantity (liter, l)

HGO(*quly*) = heavy gas oil/quality (liter/m<sup>3</sup>)

MGO(*quly*) = moderate gas oil/quality (liter/m<sup>3</sup>)

LGO(*quly*) = light gas oil/quality (liter/m<sup>3</sup>)

#### Assumption & constraints:

Heavy gas oil, HGO(*quly*) = 855 liter/m<sup>3</sup> (21)



$$853.5 \geq \text{Moderate gas oil, MGO}(\text{qty}) \geq 851.5 \text{ liter/m}^3 \quad (22)$$

$$846 \geq \text{Light gas oil, LGO}(\text{qty}) \geq 843 \text{ liter/m}^3 \quad (23)$$

$$380 \leq x \leq 400 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (24)$$

$$655 \leq y \leq 730 \text{ mmHg} \quad (25)$$

**Objective:**

$$\text{Maximize } P(\text{total}) \quad (26)$$

Where, P is the total production and our objective is to bring these end products up to 70%. In other Word:

$$\text{Heavy gas oil (HGO)} + \text{Moderate gas oil (MGO)} + \text{Light gas oil (LGO)} \geq 70\% \quad (27)$$

**Step 2:** select the modeling approach

We specified our modeling approach as two variables optimization problem. Where temperature and vacuum are our two independent variables in the system and quantity of light, moderate and heavy gas oil respectively are our three dependent variables.

**Step 3:** formulate the model

We used the questions obtained in step (1) and reformulate them in a standard form selected in the step 2, so that we can apply the standard general solution procedure. In our case we reformulate the objective function as:

$$P = \text{LGO}(\text{qty}) + \text{MGO}(\text{qty}) + \text{HGO}(\text{qty}) \quad (28)$$

where P is the total production of all final products

**Step 4:** solve the model

We built our mathematical model by mathematically programming our model using constrained nonlinear optimizer found in MATLAB software, optimization tool. We utilized our mathematical functions obtained previously in step 1 including the objective function and the constraints. The objective function can be noted as:

$$\text{Max } (\text{Production}(\text{total})) = \text{LGO}(\text{quantity}) + \text{MGO}(\text{quantity}) + \text{HGO}(\text{quantity}) \quad (29)$$

Substituting equations (15), (16) and (17) in equation (29) we obtain this formula (30):

$$\text{max}(x, y) = 10935 - 504.7x - 54.75y + 0.4876x^2 + 0.32263xy - 0.0464y^2 \quad (30)$$

The constraints can be written down as:

$$843 \leq 1471 - 0.6577x - 1.63y - 0.00052x^2 + 0.00199xy + 0.00623y^2 \leq 846 \quad (31)$$

$$851.5 \leq 1494 - 0.7056x - 1.521y - 0.0005719x^2 + 0.001854xy + 0.00057y^2 \leq 853.5 \quad (32)$$

$$125.4 + 2.785x + 0.349y - 0.00253x^2 - 0.00079xy - 0.00000027y^2 = 855 \quad (33)$$

$$380 \leq x \leq 400 \quad (34)$$

$$655 \leq y \leq 730 \quad (35)$$

Hence,

Mathematical programming can be rewritten in standard form as:



Objective function

$$\max(x, y) = 10935 - 504.7x - 54.75y + 0.4876x^2 + 0.32263xy - 0.0464y^2$$

Constraints

$$843 \leq 1471 - 0.6577x - 1.63y - 0.00052x^2 + 0.00199xy + 0.00623y^2 \leq 846$$

$$851.5 \leq 1494 - 0.7056x - 1.521y - 0.0005719x^2 + 0.001854xy + 0.00057y^2 \leq 853.5$$

$$125.4 + 2.785x + 0.349y - 0.00253x^2 - 0.00079xy - 0.00000027y^2 = 855$$

$$380 \leq x \leq 400$$

$$655 \leq y \leq 730$$

Finally, we transformed the model into MATLAB Codes and format as below:

```
function f= test(x)
f=109350 - 504.7*x(1) - 54.75*x(2) + 0.4876*x(1)^2 + 0.32263*x(1)*x(2) - 0.0464*x(2)^2;
f=-f;
function [c,ceq]=testconst(x)
c1= 1471 - 0.6577*x(1) - 1.630*x(2) - 0.0005237*x(1)^2 + 0.001993*x(1)*x(2) + 0.0006239*x(2)^2 - 846;
c2= -628 + 0.6577*x(1) + 1.630*x(2) + 0.0005237*x(1)^2 - 0.001993*x(1)*x(2) - 0.0006239*x(2)^2;
c3= 1494 - 0.7056*x(1) - 1.521*x(2) - 0.0005719*x(1)^2 + 0.001854*x(1)*x(2) + 0.0005677*x(2)^2 - 853.5;
c4=- 642.5 + 0.7056*x(1) + 1.521*x(2) + 0.0005719*x(1)^2 - 0.001854*x(1)*x(2) - 0.0005677*x(2)^2;
ceq1= 125.4 + 2.785*x(1) + 0.349*x(2) - 0.002533*x(1)^2 - 0.000791*x(1)*x(2) - 0.0000002671*x(2)^2 - 855;
c5=x(1) - 400;
c6=380 - x(1);
c7=x(2) - 730;
c8=655 - x(2);
c=[c1;c2;c3;c4;c5;c6;c7;c8];ceq=(ceq1);
end
```

**Step 5:** answer the question and find the optimal values

In the final step, we obtained the optimized controllable parameters through solving the mathematical model with the MATLAB application. Below are the optimum controllable values, i.e. Temperature and vacuum:

$$\text{Temperature} = 398.4\text{C}^\circ \quad (34)$$

$$\text{Vacuum} = 656 \text{ mmHg} \quad (35)$$

Thus, the optimized total quantity of the system can be obtained by substituting values of equations (34) and (35) in equation (30), we obtain maximum total production quantity = 14107 liters as explained in equation (36).

$$\text{LGO} + \text{MGO} + \text{HGO} = 5648 + 4570 + 3889 = 14107 \text{ liters} \dots\dots(36)$$



This value represents 70.54% of the total feeding lube oil into the system. As a result, our objective was met with respect to the process optimization under given constraints. Moreover, the individual products were also computed by substituting temperature and vacuum optimal values in the equations (15), (16) and (17).

LGO(*quantity*) = 5648 liters (28.24%)

MGO(*quantity*) = 4570 liters (22.85%)

HGO(*quantity*) = 3889 liters (19.45%)

To ensure our constraints were met, we substituted optimum and vacuum values in equations (18), (19) and (20):

LGO(*quality*) = 845.93 (constraint satisfied)

MGO(*quality*) = 852.89 (constraint satisfied)

HGO(*quality*) = 854.99 ≈ 855 (constraint satisfied)

It is, however, important to say that setting range of values for the temperature and vacuum is feasible for the system on condition it won't violate our objective rules. As stated, our objective was to secure more than 70% of the end products under certain constraints. Therefore, by satisfying equations (18), (19) and (20), we can get span of data as:

For temperature: (397.7 C° - 398.8C°)

For vacuum: (654 mmHg -657 mmHg)

Noting that these values were limited within 5% change in the total production quantity which allow to remain within the objective's bound.

## Discussion

The objective behind this study was to explore some of the various empirical tools and techniques deployed widely and particularly in the field of chemical processes. Empirical approach was adopted in this work for the reason that empirical methods is generally developed to use when the actual process is too complex and the underlying phenomena are not well understood or when the numerical solution of the fundamental model is quite difficult or when the empirical model provides satisfactory predictions of the process characteristics. Experimental plant data are utilized to model a relationship between the process input and process output as an empirical model using a mathematical framework. The work introduces four different empirical techniques and their applications in modeling of processes exist in the chemical process plants. We discuss here the key advantages and disadvantages of each technique and set a ground for scientific comparison among these techniques in term of prediction performance.

Table 9. Empirical Models Prediction Performance

Model \ Metrics	Multiple Linear Regression (MLR)	Multiple Nonlinear Regression (MNLR)	Artificial Neural Networks (ANN)	Ridge Regression (RR)
MAD	329	304	141	192
MSE	161861	108705	29605	75874
RMSE	402	329	172	275
MAPE	5.62	5.18	2.42	3.27

### Empirical models' prediction performance

The main goal of this work was to spotlight on the performance of various empirical models generated for the purposes of controlling the chemical processes. Prediction ability and accuracy is the key character of any empirical model. Similarly, each empirical model with different technique differs from other empirical models by its prediction performance and accuracy. In this work, four different empirical models with different techniques were generated in order to forecast chemical process future values, i.e., production and quality. Subsequently, and after taking performance measurement on their prediction performance with several metrics, it is obvious that artificial neural network (ANN) tool shows better performance than any other tools tried in this work with mean absolute percentage error equal to 2.42 followed by ridge regression (RR), multiple nonlinear regression (MNLR), and multiple linear regression (MLR) tools with 3.27, 5.18 and 5.62 respectively as shown in table 9 and figure 18.

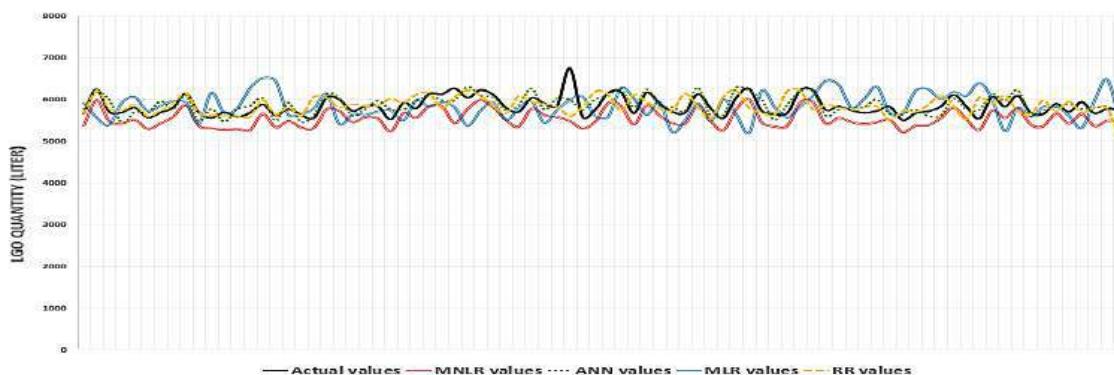


Figure 18. MLR, MNLR, ANN, and RR Performance Comparison

### CONCLUSION

Process modeling has become widely a popular area of interest particularly in the field of chemical process control and optimization. Application of empirical model on the chemical processes can help in optimizing the chemical system which in return, can cut considerable expenses and reduce time and effort. There are millions of dollars being save yearly from the crude oil refineries across the world because their processes are controlled and brought



to optimum. Empirical modeling is one of the modeling technique and was used for decades. However, there are newly emerging tools like Neural Networks which proved better modeling performance as compared to its peers in the same area. In this work, four different empirical modeling tools were deployed on our chemical system namely “Used lube oil recycling unit”. The Neural Network model, which is one of the four models generated, was used to control and optimize the system’s processes. Prior to the work, we had weekly equal to 4300 liters loss of crude oil in form of used lube oil which represents around 3% of the final products because of incorrect working parameter values. Consequently, this renders our system to economically be inefficient with approximately 9,460TL loss every week (around 37,840TL in a month). This loss was removed entirely after processes were controlled through obtaining the optimal values of the system’s controllable parameters. Furthermore, we could enhance production rate from 57% to above 70% which enabled us to increase profit to about 23% at a time we could satisfy our system’s quality constraints for the products namely: Light Gas Oil (LGO), Moderate Gas Oil (MGO) and Heavy Gas Oil (HGO) with standard concentration constraints as below:

$$\begin{aligned} \text{Heavy gas oil, HGO} &= 855 \text{ liter/m}^3 \\ 853.5 &\geq \text{Moderate gas oil, MGO} \geq 851.5 \text{ liter/m}^3 \\ 846 &\geq \text{Light gas oil, LGO} \geq 843 \text{ liter/m}^3 \end{aligned}$$

Another objective of this work was to compare between four well-known empirical modeling techniques in term of their generated model’s predictive performance, namely: (1) Multiple Linear Regression, (2) Multiple Nonlinear Regression, (3) Artificial Neural Network and (4) Ridge Regression. As a result, the artificial neural network (ANN) model showed better performance than the other models with mean absolute percentage error equal to 2.42 followed by ridge regression (RR), multiple nonlinear regression (MNLR), and multiple linear regression (MLR) tools with 3.27, 5.18 and 5.62 respectively.

## Recommendations

In general, the modeling approaches fall in two categories, one is the parametric or fundamental modeling and the other is the empirical modeling. However, in the recent years, lot of efforts were put into enhancing or finding new ways and methods for building more efficient and accurate predictive models which can be used in the modeling of chemical processes. Therefore, it was finally possible to combine both unique models into one model with enhanced properties. This model, however, is called a “hybrid” or “mixed” model which can overcome the drawbacks of each previously said approach while combining the advantages of each approach as well. Hence, it is highly recommended to direct all effort and research work toward exploring more effective modeling approaches and techniques. Reader may consult the work presented by Psichogios and Ungar (1992) who pioneered usage of the hybrid technique in the chemical process to identify the biochemical reactor or (Azevedo, Dahm and Oliveira, 1997) who combined both the fundamental and empirical models to emulate the processes in the polymerization reactors. He developed the mass balance equations for the reactant within the fundamental approach, while developed the unknown rates of the reactions within the empirical approach.

## REFERENCES



- Aiken, LS, West, SG. (1991). Multiple regression: testing and interpreting interactions. Newbury Park, London, New Delhi: Sage Publications.
- Allgöwer, F, Zheng, A. (2000). Nonlinear model predictive control. 1st edition. Basel: Springer Basel AG.
- Ansari, RM, Tade, MO. (2000). Nonlinear model-based process control: Applications in petroleum refining. London: Springer.
- Bequette, BW. (2003). Process control: Modeling, design, and simulation. New Jersey: Pearson Education, Inc.
- Birkes, D, Dodge, Y. (1993). Alternative methods of regression. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore: Wiley.
- Benítez, JM, Castro, JL, Requena, I. (1997). Are artificial neural networks black boxes?, IEEE, 8 (5), 1156-1164.
- Biyanto, TR, Widjiantoro, BL, Jabal, AA, Budiati, T. (2010). Artificial neural network based modeling and controlling of distillation column system, International Journal of Engineering, Science and Technology, 2(6), 177-188.
- Carr, RW. (2007). Comprehensive chemical kinetics: Modeling of chemical reactions. 42: 1st edition. Amsterdam: Elsevier.
- Chu, BT, Chen, SS. (1992). Intelligent modeling, diagnosis and control of manufacturing processes. 4: 1st edition. Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- Genç, ÖS. (2006). Modelling and control of bioprocesses by using artificial neural networks and hybrid model, Izmir Institute of Technology, 3-32.
- He, X, Xu, S. (2009). Process neural networks: Theory and applications. China: Zhejiang University Press.
- Himmelblau, DM. (2000). Applications of artificial neural networks in chemical engineering, Korean J. Chem. Eng. 17(4), 373-392.
- Hui, LQ, Hui, LW, Aziz, N, Ahmad, Z. (2011). Nonlinear process modeling of “shell” heavy oil fractionator using neural network, Journal of Applied Sciences, DOI: 10.3923.
- Hernández, JGS, Petriciolet, AB. (2016). Process intensification in chemical engineering: Design optimization and control. Switzerland: Springer.
- Huet, S, Bouvier, A, Poursat, MA, Jolivet, E. (1996). Statistical tools for nonlinear regression: A practical guide with S-PLUS examples. 1st edition. New York: Springer.
- Hilt, DO, Seegrist, DW. (1977). Ridge, a computer program for calculating ridge regression estimates, Northeastern Forest Experiment Station, 13, 1-7.
- Ivanov, AV. (1997). Asymptotic Theory of nonlinear regression. Dordrecht: Springer
- Jana, AK. (2011). Chemical process modelling and computer simulation. 2nd edition. New Delhi: Asoke K Ghosh, PHI Learning Private Ltd.
- Jakobsen, HA. (2014). Chemical reactor modeling: Multiphase reactive flows. 2nd edition. Switzerland: Springer.
- Karayannidis, NB, Venetsanopoulos, AN. (1993). Artificial neural networks: Learning algorithms, performance evaluation, and application. Boston, Dordrecht, London: Kluwer Academic Publishers.
- Kleinbaum, DG, Kupper, LL, Nizam, A, Rosenberg, ES. (2014). Applied regression analysis and other multivariable methods. 5th edition. USA: Cengage Learning.
- Keith, TZ. (2015). Multiple regression and beyond: An introduction to multiple regression and structural equation modeling. 2nd edition. New York: Routledge.
- Kouvaritakis, B, Cannon, M. (2001). Non-linear predictive control: Theory and practice. 1st edition. London: Institution of Engineering and Technology.



- Klimberg, R, McCullough, BD. (2013). Fundamentals of predictive analytics with JMP. USA: SAS Institute, Inc.
- Liaua, LCK, Yang, TCK, Tsaib, MT. (2004). Expert system of a crude oil distillation unit for process optimization using neural networks, *Expert Systems with Applications*, 26, 247-255.
- Leffler, WL. (2008). Petroleum refining in nontechnical language. 4th edition. USA: PennWell Corporation.
- Montgomery, DC. (2017). Introduction to linear regression analysis. 5th edition. Content Technologies. Inc.
- Mujtaba, IM, Hussain, MA. (2001). Application of neural networks and other learning technologies in process engineering. London: Imperial College Press.
- Mehrotra, K, Mohan, CK, Ranka, SR. (2000). Elements of artificial neural networks. USA: MIT
- Meerschaert, MM. (2013). Mathematical modeling. 4th edition. USA, Amsterdam, UK: Elsevier
- Marsland, S. (2009). Machine learning: An algorithmic perspective. USA: CRC Press.
- Maeder, M, Neuhold, YM. (2007). Practical data analysis in chemistry. 26. Amsterdam: Elsevier.
- Montgomery, DC, Peck, EA, Vining, GG. (2012). Introduction to linear regression analysis. 5th edition. New Jersey, Canada: Wiley.
- Okkan, U. (2011). Application of levenberg-marquardt optimization algorithm based multilayer neural networks for hydrological time series modeling, *An International Journal of Optimization and Control: Theories & Applications*, 1(1), 53-63.
- Olafadehan, OA, Adeniyi, VO, Popoola, LT, Salami, L. (2013). Mathematical modelling and simulation of multicomponent distillation column for acetone-chloroform-methanol system, *Advanced Chemical Engineering Research*, 2(4), 113-123.
- Pearson, RK. (1999). Discrete-time dynamic models. New York: Oxford University Press, Inc.
- Priddy, KL, Keller, PE. (2005). Artificial neural networks: An introduction. TT68. USA: Spie Press.
- Pawar, M. (2004). Data collecting methods and experiences: A guide for social researchers. USA, UK, India: New Dawn Press, Inc.
- Popoola, LT, Babagana, G, Susu, AA. (2013). A Review of an expert system design for crude oil distillation column using the neural networks model and process optimization and control using genetic algorithm framework, *Advances in Chemical Engineering and Science*, 3, 164-170.
- Roffel, B, Betlem, B. (2006). Process dynamics and control: Modeling for control and prediction. England: Wiley.
- Rhinehart, RR. (2016). Nonlinear regression modeling for engineering applications: Modeling, model validation, and enabling design of experiments. 1st edition. UK: Wiley.
- Ramchandran, B. (1994). Neural network model-based control of distillation columns, Texas Tech University, PhD dissertation.
- Ribas, GP, Leiras, A, Hamacher, S. (2012). Operational planning of oil refineries under uncertainty Special issue: Applied Stochastic, *IMA Journal of Management Mathematics*, 23, 397-412.
- Rasmussen, A, Andersson, B, Olsson, L, Andersson, R. (2014). Mathematical modeling in chemical engineering. 1st edition. New York: Cambridge University Press.
- Shore, H. (2005). Response modeling methodology: Empirical modeling for engineering and science. 8. Singapore: World Scientific Publishing Co. Ltd.



- Simpson, R, Sastry, SK. (2013). Chemical and bioprocess engineering: Fundamental concepts for first-year students. New York, Heidelberg, Dordrecht, London: Springer.
- Silva, A, Brito, JD, Gaspar, PL. (2016). Methodologies for service life prediction of buildings: With a focus on façade claddings. Switzerland: Springer International Publishing.
- Strickland, JS. (2014). Predictive analytics using R. Colorado: Lulu, Inc.
- Shalini, J, Kumar, JS, Swathantha, PA. (2012). steady state modelling of chemical systems by using neural networks, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), 1(6), 1-6.
- Santos, CA, Spim, JA, Ierardi, MCF, Garcia, A. (2002). The use of artificial intelligence technique for the optimization of process parameters used in the continuous casting of steel, Applied Mathematical Modelling, 26, 1077-1092.
- Srivastava, VK, Fahim, A. (2007), An optimization method for solving mixed discrete-continuous programming problems, Computers and Mathematics with Applications, 53, 1481-1491.
- Shah, Nita, Mishra, Poonam. (2013). Oil production optimization: a mathematical model, Journal Petrol Explore Production Technology, 3, 37- 42.



## EVALUATION OF WEAR BEHAVIOUR OF COMPOSITE MATERIALS UNDER DIFFERENT CHEWING LOADING

Efe Çetin YILMAZ\*

Department of Technical Science of Pasinler Vocational School, Ataturk University  
Turkey  
[efecetinyilmaz@msn.com](mailto:efecetinyilmaz@msn.com)

Recep SADELER

Department of Mechanical Engineering of Engineering Faculty Ataturk University Turkey

\*Corresponding Author

**ABSTRACT:** The purpose of this study was to evaluate the wear resistances of two different composite materials under different mechanical loading. Five standardized disc shape specimens (2mm diameter X 2mm height) were prepared from two composite materials for each chewing test. (Nano-filled Supreme and Nano-hybrid Grandio) Specimens were subjected to chewing simulation using a computer-controlled chewing simulator ( $F=30N$ ,  $50N$  and  $70N$  respectively (vertical 2 mm, horizontal 0.7 mm)  $1.2 \times 10^5$  chewing cycles, 1.6 Hz frequency and  $37^\circ C$  ambient temperature)  $AL_2O_3$  balls were used as antagonists for every experiment chewing test cycle. Specimen's micro hardness values determined with Vickers Hardness method before chewing tests. Mean volume loss values were determined using non-contact 3D laser scanning device. Mean values and standard deviations were calculated and statistical analysis was performed using one-way ANOVA. Additionally, SEM analysis was performed to examine surface wear tracks. Vickers hardness values for Grandio (about 78HV) and for Filtek Supreme (about 49HV) were measured. Mean volume loss of Grandio ( $3.6 \text{ mm}^3$  for  $F=70N$ ) is measured to be lower than Filtek Supreme ( $3.9 \text{ mm}^3$  for  $F=70N$ ). In this study, suggested the similar to wear behavior of the nano-hybrid Grandio and nano-filled Supreme irrespective of mechanical loading. However, in this study no linear relationship was found between increased mechanical loading and mean volume loss.

**Key words:** Two-body Wear, Composite Materials, Chewing Simulation, Volume Loss

## INTRODUCTION

The use of composite materials is increasing because of their mechanical and esthetic properties in recent years. However, composite material failure is still reported in clinical treatments.(Koottathape, Takahashi, Iwasaki, Kanehira, & Finger, 2014) According to long-term clinical studies, commonly reported failures were secondary caries with a failure rate of 9.1–24.5% and restoration fractures with a failure rate of 12–19% (Koottathape et al., 2014) Failure rates of posterior composite resin restorations resulting from inadequate wear resistance have been reported as 6.1%. (van Dijken, 2000)

Wear can be defined as the gradual loss of volume with the interaction of two surfaces in contact with each other. There are four basic mechanisms of wear in intraoral tribology. These types, two-body abrasion (occlusal contact area or attrition), three body abrasion (contact free area), fatigue wear and corrosive wear. Two-body wear mechanism concerns the direct contact of two surfaces with each other without the existence of another body. Three-body wear mechanism occurs with the formation of a third abrasive surface between



the two surfaces. This third abrasive surface is the food taken in the oral tribology. The behaviour of three-wear is the continuous movement of food particles between the composite material and the antagonist material under chewing motion. Fatigue wear occurs due to repeated loads on the composite material. As a result of these loads, micro cracks occur in the internal structure of the composite material. Chemical reasons, acids originating from food can cause corrosive effects on the surface layer. This acid layer can easily be carried in the mouth with the antagonist. These types of wear can occur alone or in combination.(Mair, Stolarski, Vowles, & Lloyd, 1996) For intraoral tribology two-body wear and three-body wear mechanisms types are considered as basic mechanisms..(Lambrechts, Braem, Vuylsteke-Wauters, & Vanherle, 1989) The two – body(attrition) wear take place in the occlusal contact area and three-body abrasion wear in the occlusal free area.(Lazaridou, Belli, Petschelt, & Lohbauer, 2015)

Intraoral tribology wear is a process depending on many parameters. The restorative material type, oral environment, mechanical loading and antagonist structure can play an important role. For intraoral tribology the mechanical loading is constantly changing due to eating motion. This continuous changing mechanical loading carry out a variable mechanical stress on the dental composite materials. The mechanism of wear that occurs in intraoral tribology is affected by changing mechanical loads. The chemical and mechanical properties of the third abrasive surface in the three-body wear mechanism type of wear can positively or negatively affect wear.(Lazaridou et al., 2015) Many in vitro experimental systems have been developed for 40 years..(Mehl, Scheibner, Ludwig, & Kern, 2007) However, none of these test systems can simulate intraoral tribology due to the complex structure of the intraoral tribology. In addition to, none of the many dental wear testing machines have been included in an international standard. However, in 2001 the standard parameters were established for two-body wear and three-body testing with a technical ISO specification.(Koottathape et al., 2014) In this specification, the abilities of the chewing simulator and the experimental parameters are determined. The chewing simulator used in this study has the capability of three different chewing simulations in the ISO 2001 technical specification. The purpose of in this study, effect of various mechanical loading of two-body wear on different two dental composite materials.

## METHODS

Information provided by material manufacturers for materials used in this study are given in Table 1. A total of 30 specimens (2mm diameter and 2mm height) consisting of 15 specimens for each material were prepared following the manufacturer's instructions. For investigation to dental materials, the chewing simulator device capable of simulating the artificial mouth environment was designed and produced by the research group.

Table 1 Composite restorative materials used in this study

Materials	Manufacturer /Type	Filler	Matrix /Composition
Grandio	VOCO GmbH, Cuxhaven, Germany / Nanohybrid	SiO <sub>2</sub> Ba-Al-B-Si glass	Bis-GMA, TEGDMA
Supreme	3M ESPE,St. Paul, MN,USA/ Nanofilled	SiO <sub>2</sub> /SrO <sub>2</sub> clusters (0.8–1.4 mm), SiO <sub>2</sub> (20 nm)	Bis-GMA, UDMA, BisEMA, TEGDMA

Figure 1 systematically represents the dual axis movement of the chewing simulator. Chewing simulator performed load 30N, 50N and 70N respectively in vertical axis and 0.7 mm horizontal axial movement when the antagonist material touches the specimens (detection was performed with magnetic sensor) When the loading effect on the vertical axis on the specimen is unloading, specimen returns to the starting point again. (figure 1c). Thus, during the chewing tests, wear was formed in the same region of the material surface. A cycle of chewing with chewing simulation represents single human masticatory cycle. (Hahnel et al., 2011)

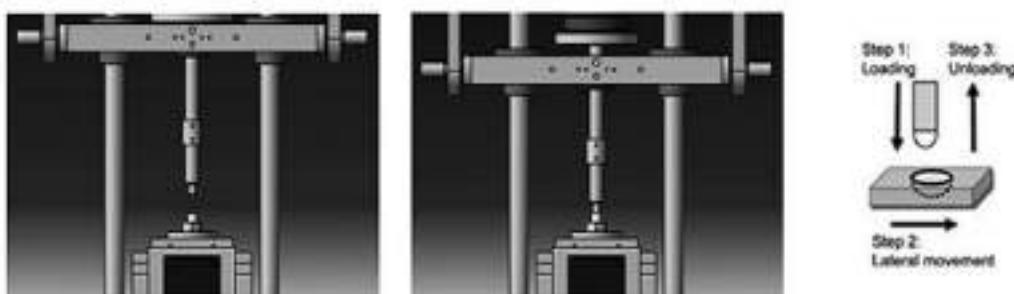


Figure1: Schematics of the chewing simulation test device

Data were analyzed using statistical software (SPSS Statics 20.0 for Windows 64 bit; SPSS Inc., Chicago, USA; license by Ataturk University) Means and standard deviations of volume loss and Vickers hardness were calculated and analysis using one-way ANOVA. The Games-Howell test was used for Post-hoc analysis, because of Levene's test showed significant differences in the variance of the groups. Regression analysis was performed to investigate the relation between Vickers Hardness, filler content and volume loss. The level of significance was set to  $\alpha=0.05$ .

## RESULTS AND FINDINGS

Table 2 shows the micro hardness values of composite materials used in this study. Nano-hybrid Grandio composite material showed higher hardness value than Nano-fill Supreme composite material. This can be explained with the matrix structure of the composite material.

Table2 Vickers hardness of the restorative materials that were used in this study

Materials	Mean Vickers Hardness (SD)
Grandio	78.56(7.9)
Supreme	49.17(8.6)

Table 3 shows the (for F=30N, 50N and 70N respectively) mean volume losses ( $\mu\text{m}^3$ ) that occurred after 120000 chewing tests. According to Table 3 is examined, the mean volume

loss on the surface of the composite material increased with increasing mechanical loading. However, the relationship between mechanical loading and mean volume loss is not linear.

Table 3. Mean volume loss values of composite materials

Materials	Mean Volume Loss (mm <sup>3</sup> )		
	F=30N	F=50N	F=70N
Grandio	2.7 (0.9)	3.1(1.2)	3.6 (0.9)
Supreme	2.9 (1.2)	3.4(0.7)	3.9 (1.3)

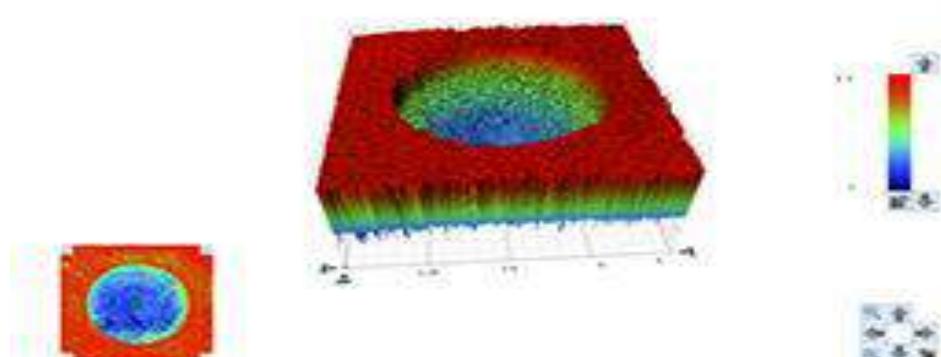


Figure 2: 3D Mean Volume Loss Analyzer for Grandio after chewing tests (for F=70N mechanical loading)

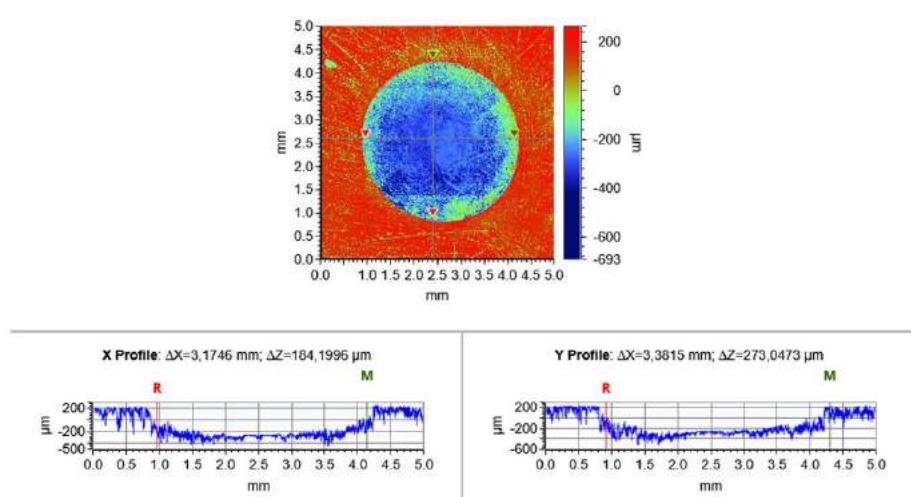


Figure 3 2D Surface Volume Loss Analyzer for Grandio after chewing tests (for F=70N mechanical loading)

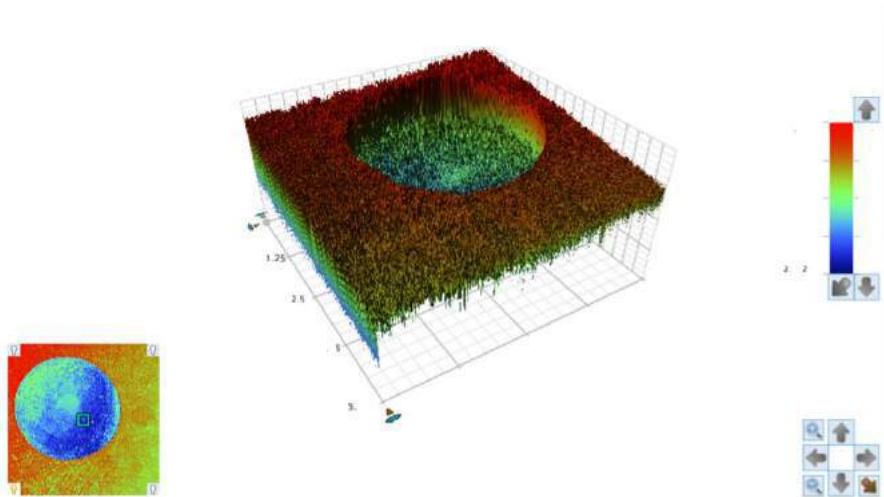


Figure 4 3D Mean Volume Loss Analyzer for Filtek Supreme after chewing tests (for F=70N mechanical loading)

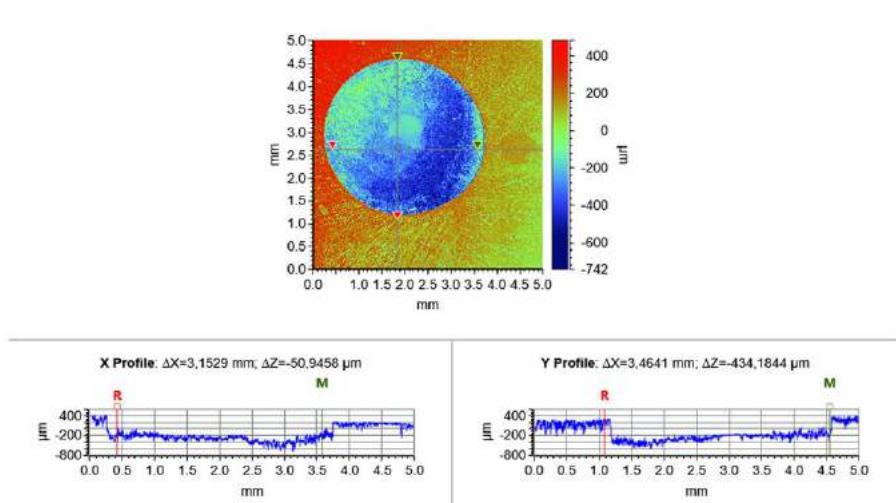


Figure 5 2D Surface Volume Loss Analyzer for Filtek Supreme after chewing tests (for F=70N mechanical loading)

Figure 6 show the wear area of randomly selected specimen from each group after 120000 chewing cycles for F=70N mechanical loading. Although, nano-hybrid Grandio composite materials showed homogeneous wear surface, nano-fill Supreme composite material showed deep wear tracks on the surface after chewing tests. As seen from the SEM images, in both composite materials, the organic matrix structure formed a protective layer throughout the material, preventing further wear of the material.

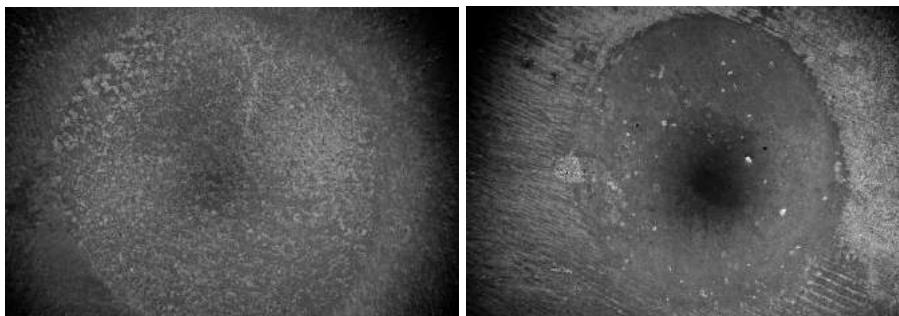


Figure 6 SEM Images Of Worn Surface Of Composite Material Tested After 120000 Mastication Cycle Test F=70N (left: Grandio right: Filtek Supreme)

The improvements in the component structure of dental composite materials are called micro- and nano- structures as chemical structures. These materials are called micro- or nano-hybrid resin composites depending on the size and content of micro- or nano-particle. (Souza et al., 2016) In addition, such resin composites are called universal. It is difficult to distinguish these structures in commercial composite materials. because of both the microstructure and mechanical properties tend to be similar.(Souza et al., 2016) The tested dental composite materials in this study are available at the market and widely used in dental treatment. It has been reported in the literature that many chewing simulator devices can simulate both two-body wear and three-body wear mechanisms. (Hu, Marquis, & Shortall, 2003; Knobloch, Kerby, Seghi, & van Putten, 1999) Both of them are accepted simulator models for in vitro wear testing. When the two simulator models are compared; in the case of type two-body wear mechanism, wear occurs with direct contact of between test specimens and antagonist specimens, while in type three-body wear occurs with abrasive slurry (for example poppy seed or PMMA as third body) between the test specimens and antagonistic specimens.

Wear is a process depending on many parameters restorative material type, oral environment, amount of applied vertical force, horizontal wear distance and antagonist structure can play an important role. The force produced by the chewing simulator should be similar to the chewing forces produced in the oral environment. It has been reported that the amount of mechanical loading varies from 20N to 120N in in vitro studies in the literature.(Heintze, 2006) A force of 50N value applied in this study appears to be an average value in the literature. The values of 30N, 50N, and 70N selected in this study were considered to be the values that changed during the average chewing motion. In the literature many studies have standard values of 50N and the chewing cycle numbers have been changed (Hahnel et al., 2011; Koottathape, Takahashi, Iwasaki, Kanehira, & Finger, 2012; Yilmaz et al., 2017). However, in this study, the influence of mechanical loading is examined without changing the number of chewing cycles. The results of this study show that there is no linear relationship between the mean volume loss on the material surface and the amount of mechanical loading. One way to explain this possible situation is to have a protective surface on the material of the organic matrix structure that both composites have. In addition, contact time (400-600 ms), loading frequency and number, thermal change temperature and dwell time are the important factors affecting wear of composite material. The number of chewing cycles in the literature varies between 50.000 and 1.200.000. (Lazaridou et al., 2015) The average number of daily chewing cycle in vivo studies is considered to be between 300 and 700.(Lazaridou et al., 2015) The numbers of 120.000 mastication cycles in this study were corresponding approximately 1 year in vivo study. The chewing simulator was programmed to perform a 2 mm vertical movement and



a 0.7 mm lateral movement during the experiment and the frequency of load cycle at 1.6 Hz. For in this study used all specimens were stored in 37°C distill water for seven days before the mastication tests. Water absorption has an effect on the mechanical properties of dental composite materials. It has been observed that this stored period affects the mechanical properties of the material such as wear resistance, hardness, tensile strength. Previous study reported that the specimens is significantly increased three-body wear resistance and hardness in the 7 days stored distil water compared to the after 24-hour exposure to distil water only. (Yap, Teoh, & Tan, 2000; Yilmaz & Sadeler, 2016) According to Chadwick et al (Chadwick, Mccabe, Walls, & Storer, 1990) no significant differences in wear after one week and one year of water storage of composite resins was found. (Chadwick et al., 1990) Therefore, it can be assumed that the composite material is completely saturated with 1 week distill water stored.

## CONCLUSION

The results obtained in this study showed that the material nano-hybrid Grandio exhibited better wear resistance than the nano-fill Supreme composite material. In addition to in both materials, micro cracks were observed especially in case of loading F=70N after 120000 chewing cycle tests. These micro cracks in composite materials surface may be indicate of fatigue.

## REFERENCES

- Chadwick, R. G., Mccabe, J. F., Walls, A. W. G., & Storer, R. (1990). The Effect of Storage Media Upon the Surface Microhardness and Abrasion Resistance of 3 Composites. *Dental Materials*, 6(2), 123-128. doi:Doi 10.1016/S0109-5641(05)80042-9
- Hahnel, S., Schultz, S., Trempler, C., Ach, B., Handel, G., & Rosentritt, M. (2011). Two-body wear of dental restorative materials. *J Mech Behav Biomed Mater*, 4(3), 237-244. doi:10.1016/j.jmbbm.2010.06.001
- Heintze, S. D. (2006). How to qualify and validate wear simulation devices and methods. *Dental Materials*, 22(8), 712-734. doi:10.1016/j.dental.2006.02.002
- Hu, X., Marquis, P. M., & Shortall, A. C. (2003). Influence of filler loading on the two-body wear of a dental composite. *Journal of Oral Rehabilitation*, 30(7), 729-737. doi:DOI 10.1046/j.1365-2842.2003.01068.x
- Knobloch, L. A., Kerby, R. E., Seghi, R., & van Putten, M. (1999). Two-body wear resistance and degree of conversion of laboratory-processed composite materials. *International Journal of Prosthodontics*, 12(5), 432-438.
- Koottathape, N., Takahashi, H., Iwasaki, N., Kanehira, M., & Finger, W. J. (2012). Two- and three-body wear of composite resins. *Dental Materials*, 28(12), 1261-1270. doi:10.1016/j.dental.2012.09.008
- Koottathape, N., Takahashi, H., Iwasaki, N., Kanehira, M., & Finger, W. J. (2014). Quantitative wear and wear damage analysis of composite resins in vitro. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 29, 508-516. doi:10.1016/j.jmbbm.2013.10.003
- Lambrechts, P., Braem, M., Vuylsteke-Wauters, M., & Vanherle, G. (1989). Quantitative in vivo wear of human enamel. *J Dent Res*, 68(12), 1752-1754.



- Lazaridou, D., Belli, R., Petschelt, A., & Lohbauer, U. (2015). Are resin composites suitable replacements for amalgam? A study of two-body wear. *Clin Oral Investig*, 19(6), 1485-1492. doi:10.1007/s00784-014-1373-4
- Mair, L. H., Stolarski, T. A., Vowles, R. W., & Lloyd, C. H. (1996). Wear: mechanisms, manifestations and measurement. Report of a workshop. *J Dent*, 24(1-2), 141-148.
- Mehl, C., Scheibner, S., Ludwig, K., & Kern, M. (2007). Wear of composite resin veneering materials and enamel in a chewing simulator. *Dent Mater*, 23(11), 1382-1389. doi:10.1016/j.dental.2006.11.026
- Souza, J. C. M., Bentes, A. C., Reis, K., Gavinha, S., Buciumeanu, M., Henriques, B., . . . Comes, J. R. (2016). Abrasive and sliding wear of resin composites for dental restorations. *Tribology International*, 102, 154-160. doi:10.1016/j.triboint.2016.05.035
- van Dijken, J. W. (2000). Direct resin composite inlays/onlays: an 11 year follow-up. *J Dent*, 28(5), 299-306.
- Yap, A. U. J., Teoh, S. H., & Tan, K. B. (2000). Influence of water exposure on three-body wear of composite restoratives. *Journal of Biomedical Materials Research*, 53(5), 547-553. doi:Doi 10.1002/1097-4636(200009)53:5<547::Aid-Jbm14>3.0.Co;2-O
- Yilmaz, E., & Sadeler, R. (2016). Effect of thermal cycling and microhardness on roughness of composite restorative materials. *Journal of Restorative Dentistry*, 4(3), 93-96. doi:10.4103/2321-4619.188233
- Yilmaz, E., Sadeler, R., Duymu, #351, , Z., #214, & cal, M. (2017). Effects of two-body wear on microfill, nanofill, and nanohybrid restorative composites. *Biomedical and Biotechnology Research Journal (BBRJ)*, 1(1), 25-28. doi:10.4103/bbrj.bbrj\_36\_17



## INVESTIGATION OF EARLY AGE ABRASION EROSION OF SELF COMPACTING CONCRETE

Natheer S. Aayoub  
Civil Engineering Department-Wasit University  
[natheers227@uowasit.edu.iq](mailto:natheers227@uowasit.edu.iq)

Sallal R. ABID \*  
Civil Engineering Department-Wasit University  
[sallal@uowasit.edu.iq](mailto:sallal@uowasit.edu.iq)

Ali N. Hilo  
Civil Engineering Department-Wasit University  
[dralinasser@uowasit.edu.iq](mailto:dralinasser@uowasit.edu.iq)

Yasir H. Daek  
Civil Engineering Department-Wasit University  
[yasirhd327@uowasit.edu.iq](mailto:yasirhd327@uowasit.edu.iq)

**ABSTRACT:** Concrete surfaces in hydraulic structures are exposed to abrasion wear action under the effect of the high-speed flow of water, which is accompanied by waterborne materials such as sand and gravel. On the other hand, the self-compacting concrete became a widely used alternative to replace the normal vibratory-placed concretes where concrete sections are large and deep to be externally vibrated as in the case of hydraulic structures. In this paper, an experimental study on the early-age underwater abrasion wear of self-compacting concrete was carried out. The standard ASTM C1138 underwater abrasion testing method was adopted to evaluate the 7-day abrasion resistance of three self-compacting mixtures incorporating different SP dosages. In addition, the compressive strength, the rebound number, and the UPV tests were also measured at the same age for the three mixtures. A fourth vibratory-placed concrete mixture was adopted as a reference mixture. The test results showed that abrasion weight loss increases as the testing time increase and that the self-compacting mixtures showed lower abrasion weight losses after 12 hours of abrasion testing than that of the reference mixture.

**Keywords:** Abrasion, self-compacting concrete, weight loss, ASTM C1138, UPV.

## INTRODUCTION

Due to its high flow and perfect filling ability with no segregation and without external vibration, Self-Compacting Concrete (SCC) has many advantages over normal Vibratory-Placed Concrete (VPC). Among the many advantages that were classified by ACI 237 (ACI 237R-07) are economic and technological ones. The economic advantages can be summarized by the saving of labor and equipment costs of vibration, reducing the construction period, and saving or reducing the post casting surfacing costs. On the other hand, many technological advantages can be achieved by using SCC, especially in large construction projects. Among which is the assurance of well filling of the formwork and well spreading among the steel reinforcement, which allows for more flexibility of reinforcement distribution through the concrete sections. The perfect filling without segregation helps the development of the desired mechanical properties of concrete as it



reduces or eliminates the defects that arise from improper vibration. As it does not require external vibration, SCC concrete also provides safer and less noisy work environment (Khayat, 2000; Ghafoori et al., 2014; Zadeh et al., 2015).

The SCC was first developed in Japan approximately three decades ago. Since that time, many researches have been conducted to introduce better performance and more economical SCC mixtures. This type of concrete has been used along the last 30 years in various applications. Among these applications are the repair and the construction of hydraulic structures including dams (Zadeh et al., 2015). Abrasion erosion of the surfaces of some hydraulic structures is probable due to the high speed flow of water and the flow impact on some surfaces. Silt, sand, gravel, and even larger particles are usually accompanied the water flow on these surfaces as waterborne materials. Thus, the abrasion erosion of such surfaces is most probably accelerated with the existence of such waterborne particles. The abrasion erosion of hydraulic structures such as spillways is usually initiated by weakening, roughing, and ripping away the cementitious surface layers, which results in exposing the aggregate. This is followed by losing the bond between the aggregate and the cement matrix or by the fracturing of the aggregate, which leads to the acceleration of abrasion process.

Rich literature is available on abrasion erosion of concrete in hydraulic structures (Liu, 1981; Naik et al., 2002; Siddique, 2003; Liu et al., 2006; Horszczaruk, 2005; Kryżanowski et al., 2012; Horszczaruk, 2012; Liu et al., 2012). However, very limited works were found on abrasion erosion of SCC (Turk & Karatas, 2011; Ghafoori et al., 2014), none of which concerns about abrasion in hydraulic structures. In this paper, an experimental work is directed to evaluate the early age abrasion erosion of SCC in hydraulic structures. For this purpose, three SCC mixtures in addition to one VPC mixture were prepared. The abrasion weight loss of cylindrical specimens was evaluated using the standard ASTM C1138 (ASTM C1138, 1997) in addition to other mechanical tests.

## EXPERIMENTAL WORK

### Materials and Mixtures

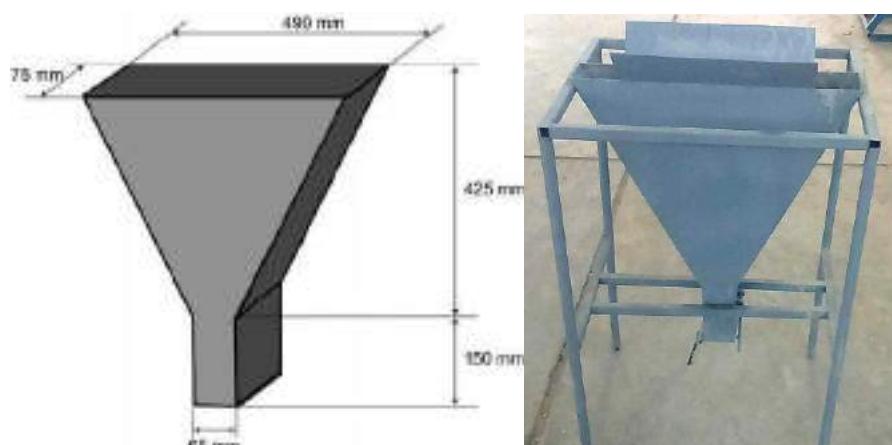
The aim of this experimental work is to evaluate the abrasion resistance of SCC concrete made from local materials. Three SCC mixtures in addition to one VPC mixture were adopted for this purpose. The gradient fractions of the three mixes are identical. However, the water content and the dosage of the High Range Water Reducer (HRWR) additive were variables. Ordinary Portland cement Type 42.5 was used in this investigation in conjunction with limestone powder, local natural well-graded sand, and crushed gravel with a maximum size of aggregate of 10 mm. Sika ViscoCrete-5930 was used as the HRWR in the SCC mixtures of this study. The mix proportions of the four adopted mixtures are listed in Table 1.

### Testing Program

Two types of tests were considered in the current research; fresh concrete tests and mechanical properties tests. The fresh concrete tests included three of the SCC fresh tests, in addition to the slump test for the VPC. The first is the slump flow test, which is carried out using the same standard slump cone, yet the average of the horizontal diameters of the concrete flow is measured instead of the vertical slump. This test was designed to evaluate the filling ability of SCC. The second test can be considered as a relative viscosity measurement, which is the T<sub>50</sub> record. Using the same slump flow test, the time at which the horizontal diameter of the concrete flow reaches 500 mm is the recorded T<sub>50</sub> of the

tested SCC. The third test is the V-funnel, which is another test to evaluate the filling ability of SCC. The detailed dimensions of the used V-funnel and the used V-funnel apparatus are shown in Figure 1. After filling the funnel with a specific quantity of concrete, the flow time is recorded. The test is then repeated and the concrete is left for a specific time to settle, then the flow time is recorded again. The shorter the recorded time, the better is the filling ability. This test can also be used as an indication of segregation, where longer flow time refers to possible segregation (EFNARC, 2002).

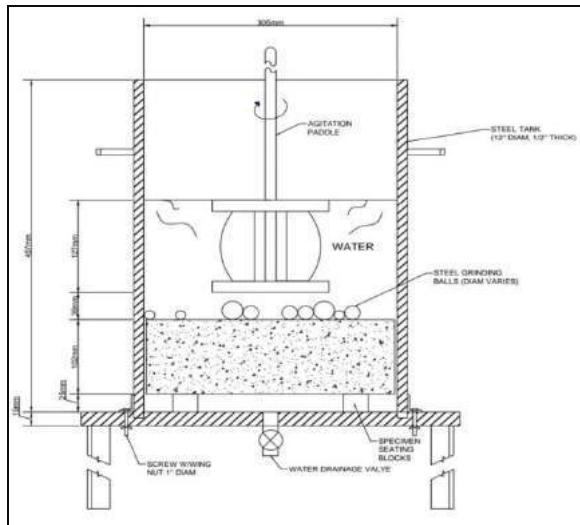
On the other hand, the underwater abrasion was the primary test of the mechanical tests. Moreover, compressive strength, hammer rebound number, and Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) tests were also included in the current experimental program. The compressive strength, rebound number, and UPV were conducted using the standard 150 mm cubes, while the abrasion test was conducted using the standard cylinder of ASTM C1138 (1997). All mechanical tests, including the abrasion test, were carried out at an age of 7 days.



**Figure 1. V-Funnel Apparatus**

#### Abrasion Test

The experimental work of this investigation includes the testing of shallow cylindrical specimens using the standard ASTM underwater abrasion test (ASTM C1138, 1997). ASTM introduces four standard test methods to qualitatively evaluate the abrasion of concrete surfaces. Each test simulates the abrasion of concrete under specific conditions. The four ASTM standard abrasion test methods are the ASTM C418 (2005), ASTM C779 (2012), ASTM C944 (2012), and ASTM C1138 (1997). Among these tests, only the ASTM C1138 was directed to evaluate abrasion erosion of concrete underwater, which simulates the abrasion erosion in hydraulic structures due to the action of waterborne materials. This test method was first introduced by Liu (1981). Figure 2 describes the apparatus of the ASTM C1138 test, while Figure 3 shows the used testing machine during testing. The concrete test specimen is a cylinder having a diameter of 300 mm diameter and a depth of 100 mm, which is placed under water in a fitted cylindrical container. The waterborne materials (sand and gravel) are simulated using 70 chrome steel grinding balls having three different diameters of 12.6, 19, and 25.3 mm. The balls are rotated over the test specimens by an agitation paddle that is rotated through a vertical rode by an electrical motor at a speed of 1200 rpm. The loss of weight due to the abrasion action of the grinding balls is calculated at fixed intervals by taking the volume differences of the tested specimens.



**Figure 2. Test Apparatus of ASTM C 1138 Test**



**Figure 3. The Used ASTM C1138 Testing Machine during Testing**

**Table 1. Mix Proportions**

Mixture	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	Sand (kg/m <sup>3</sup> )	Gravel (kg/m <sup>3</sup> )	Powder (kg/m <sup>3</sup> )	Water (kg /m <sup>3</sup> )	SP Content
VPC	550	625	937	0	246.4	0%
SCC-2.0	550	625	937	400	253	2%
SCC-1.5	550	625	937	400	270	1.50%
SCC-1.0	550	625	937	400	286	1.00%

## RESULTS AND DISCUSSION

The results obtained from the fresh concrete tests, the abrasion test, the compressive strength test, the hammer test, and the UPV test are discussed in this section.

### Fresh Concrete Results

As introduced in the previous section, three fresh concrete tests were considered. The test results of the three tests are shown in Table 1. It is shown that the slump flow increases as

the percentage of the SP increase, which means that this material increases the flowability of concrete. However, the T<sub>50</sub> and v-funnel time records show noticeable increase also, which reflects more viscous mixtures. The slump flow values of the three SCC mixtures are within the common flow values addressed by ASTM C1611 (2014), which ranges from 480 to 740 mm. However, European specifications such as EFNARC (2002) specify a minimum slump flow of 650 mm and a maximum of 800 mm for SCCs. On the other hand, the Chinese code (2012) specifies slump flow values between 550 and 850 mm. Thus, and within the limits mentioned above, the slump flow of the first SCC mixture is accepted based on the ASTM limitations, while it is suspected when the European specifications are considered. The T<sub>50</sub> values of the two first mixtures are shown to be within the limitations of the European and Chinese limitations, where a record of 2-5 seconds is accepted. On the other hand, the T<sub>50</sub> record of the third mix is still within the wide range records found in the literature for SCC mixtures. Accepted V-funnel records for SCCs are generally in the range of 8 to 12 seconds, however, slightly higher time records up to 15 seconds were frequent in the literature.

Table 2. Fresh Concrete Properties

Mixture	Slump (mm)	Slump (mm)	Flow	T <sub>50</sub> (sec)	V Funnel (sec)
VPC	180	-	-	-	-
SCC-1.0	-	505	4.6	9.3	
SCC-1.5	-	695	5	13	
SCC-2.0	-	740	8	15	

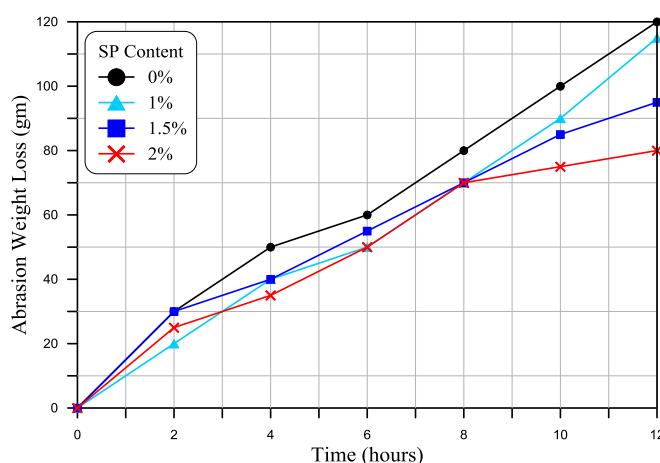


Figure 4. The Cylindrical Test Specimens after 12 Hours of Abrasion Test

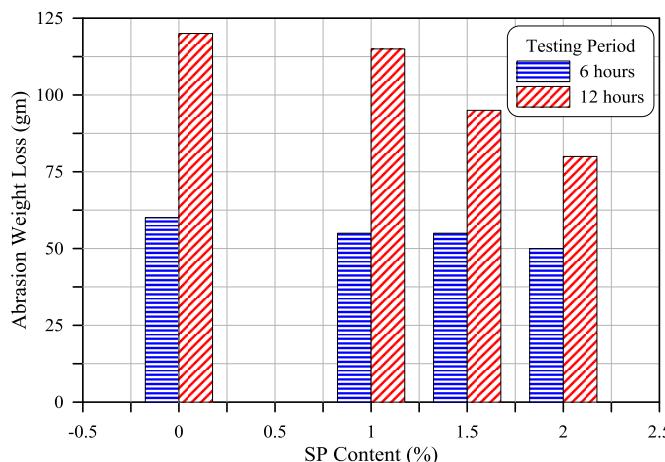
#### Abrasion Weight Loss Results

The abrasion of concrete was tested using cylindrical specimens in accordance with ASTM C1138 (1997). The abrasion was recorded as a weight loss at subsequent time intervals of 2 hours. After each testing time, the test specimen was stripped out from the tank of the testing machine and surface dried. The weight of the specimen was then recorded to the nearest 1 gram. This weight was then compared with that before abrasion testing to obtain the weight loss. Figure 4 shows a photo of the cylindrical abrasion test specimens after 12 hours of abrasion testing, while Figures 5 and 6 show the abrasion weight loss results of the four mixtures. Figure 5 shows that the abrasion weight loss increases as the testing time

increase. Except for the 2% SP mixture, the slopes of the weight loss-time curves are close and are almost constant along the 12 hours test period. It is obvious in Figure 5 that the VPC specimen shows continuously higher abrasion weight losses than the other three SCC mixtures. Between 4 and 8 testing hours, there are no significant differences between the abrasion weight losses of the three SCC mixtures. However, as test continues after 8 hours, the gap in abrasion weight loss between the three specimens increases reflecting significant effect of the used percentage of SP on abrasion resistance. These results are also obvious in Figure 6 where after 6 hours, no obvious differences can be noticed between the abrasion weight losses of the four specimens, while after 12 hours, it is clear that the abrasion weight loss decreases with the increase of the SP content. The abrasion weight loss records of the VPC, SCC-1.0, SCC-1.5, and SCC-2.0 specimens were 120, 115, 95, and 80 grams, respectively. Figure 4 completely confirms this result as it is clear that the 0% SP specimen (VPC) and the 1% SP specimen exhibit the most severely abraded surfaces, while the 1.5% and 2% SP specimens are clearly shown to be less affected by the 12 hours-abrasion test.



**Figure 5. Abrasion Weight Loss-Testing Time Curves for Different SP Contents**



**Figure 6. Abrasion Weight Loss after 6 and 12 Testing Hours for Different SP Contents**

### Compressive, Hammer, and UPV Results

As indicated previously, the compressive strength, the hammer rebound number, and the UPV tests were conducted for the four mixtures using 150 mm cubes. The results of the three tests are shown in Figures 7 to 9. Figure 7 shows that compressive strength increased when 1.5% and 2.0% SP contents were used, while no significant effect of 1.0% SP on

compressive strength was noticed. The 7-day compressive strength of the VPC was 27.3 MPa, while it was 26.7 MPa for the first SCC mixture (SCC-1.0), which means that no obvious change was noticed in compressive strength compared to the VPC reference specimen. On the other hand, the use of 1.5% and 2.0% of SP led to the increase of compressive strength to 29.8 MPa and 35.6 MPa, respectively. Thus, a percentage increase of approximately 30% was achieved in compressive strength for the SCC mixture with 2.0% SP compared to the VPC mixture as shown in Figure 7.

The test results of the hammer rebound number and the UPV showed that the third SCC mixture (SCC-2.0) was superior to the VPC mixture. However, the trend was not the same for the two tests when the other two SCC mixtures are considered as shown in Figures 8 and 9. In general, the hammer rebound number records of the three SCC mixtures were within the 10% difference from that of the VPC as shown in Figure 8. Similarly, the UPV records of the four mixtures were very close (3.96 to 4.01 km/sec) with percentage differences less than 1.2% as it is clear in Figure 9.

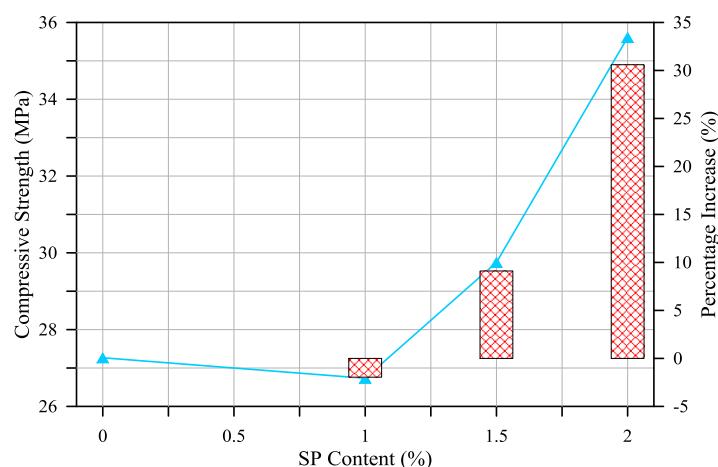


Figure 7. Compressive Strength for Different SP Contents

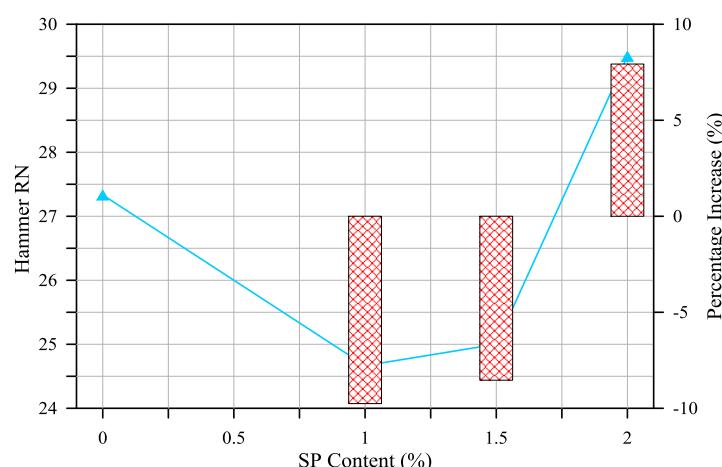


Figure 8. Hammer Rebound Number for Different SP Contents

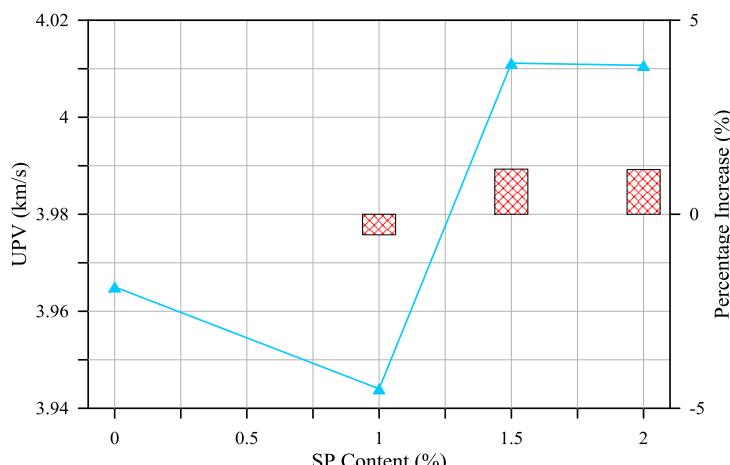


Figure 9. UPV for Different SP Contents

## CONCLUSIONS

The early-age underwater abrasion erosion of self-compacting concrete in hydraulic structures under the effect of high-speed flow of waterborne materials was experimentally investigated in this research. The tests were conducted using the standard ASTM C1138 abrasion test. Three SCC mixtures were adopted with different SP contents of 1.0, 1.5, and 2.0% in addition to a reference VPC mixture. In addition to abrasion test, compressive strength, hammer rebound number, and UPV tests were conducted using standard 150 mm cubes. All tests were conducted at an early age of 7 days.

The test results showed that the abrasion weight loss increases with testing time regardless of the type of concrete. The slope of the abrasion weight loss-time curves were almost similar for the VPC mixture and the SCC mixtures containing 1.0% and 1.5% of SP, while the third SCC mixture with 2.0% SP showed variable slopes during the 12-hour abrasion test. The final abrasion weight loss after 12 hours of abrasion testing was the highest for the VPC, while it decreased as the SP content increased for the SCC mixtures. The recorded abrasion weight losses after 12 hours of abrasion testing were 120, 115, 95, and 80 grams for the VPC, SCC-1.0, SCC-1.5, and SCC-2.0 specimens, respectively.

The compressive strength of the SCC concrete with 2% of SP was approximately 30% higher than that of the VPC. Similarly, both the hammer rebound number and the UPV records were higher for this mixture than those of the VPC. On the other hand, no obvious enhancement performance of hammer rebound number and UPV was noticed for the other two SCC mixtures (SCC-1.0 and SCC-1.5) over the VPC.

## REFERENCES

- ACI 207R-07 (2007). Self-consolidating concrete. American Concrete Institute, USA.
- ASTM C418 (2005). Standard test method for abrasion resistance of concrete by sandblasting. ASTM International, West Conshohocken, USA.
- ASTM C779 (2012). Standard test method for abrasion resistance of horizontal concrete surface. ASTM International, West Conshohocken, USA.
- ASTM C944 (2012). Standard test method for abrasion resistance of concrete or mortar surfaces by the rotating-cutter method. ASTM International, West Conshohocken, USA.
- ASTM C1138 (1997). Standard test method for abrasion resistance of concrete (Underwater Method). ASTM International, West Conshohocken, USA.



- ASTM C1611 (2014). Standard test method for slump flow of self-consolidating concrete. ASTM International, West Conshohocken, USA.
- Chines Specifications. 2012. Technical specification of application of self-compacting concrete. China.
- EFNARC. 2002. Specifications and guidelines for self-compacting concrete. EFNARC, UK.
- Ghafoori, N., Najimi, M., Aqel, M. (2014). Abrasion resistance of self-consolidating concrete. *Materials in Civil Engineering*, 26, 296-303.
- Horszczaruk, E. 2005. Abrasion resistance of high-strength concrete in hydraulic structures. *Wear*, 259, 62 - 69.
- Horszczaruk, E. 2012. Abrasion resistance of high-performance hydraulic concrete with polypropylene fibers. *Tribologia*, 1-2012, 63 - 72.
- Khayat, K. (2000). Optimization and performance of air-entrained self-consolidating concrete. *ACI Material Journal*, 97, 526-535.
- Kryżanowski, A., Mikoš, M., Šuštersič, J., Ukrainczyk, V., Planinc, I. 2012. Testing of concrete abrasion resistance in hydraulic structures on the Lower Sava River. *Journal of Mechanical Engineering*, 58, 245 - 254.
- Liu, T. C. (1981). Abrasion resistance of concrete. *ACI Journal*, 78, 341-450.
- Liu, Y.-W., Yen, T., & Hsu, T.-H. (2006). Abrasion-erosion of concrete by water-borne sand. *Cement and Concrete Research*, 36, 1814-1820.
- Liu, Y.W., Cho, S.W., Hsu, T.H. 2012. Impact abrasion of hydraulic structures concrete. *Journal of Marine Science and Technology*, 20, 253-258.
- Naik, T. R., Singh, S. S., & Ramme, B. (2002). Effect of source of fly ash on abrasion resistance of concrete. *Materials in Civil Engineering*, 14, 417-426.
- Siddique, R. (2003). Effect of fine aggregate replacement with class F fly ash on the abrasion resistance of concrete. *Cement and Concrete Research*, 33.11: 1877-81.
- Turk, K., Karatas, M. (2011). Abrasion resistance and mechanical properties of self-compacting concrete with different dosages of fly ash/silica fume. *Indian Journal of Engineering and Material Science*, 18, 49-60.
- Zadeh, A., Zafari, B., Yaminpour, M. (2015). Multifunctional use of self-compacting concrete as a fundamental material in dam construction: Upper Gotvand Dam. *Key Engineering Materials*, Vols 629-630, 391-398.



## EXERGY ANALYSIS OF A 1 MW SOLAR POWER PLANT FOR DIFFERENT LOCATIONS; TURKEY CASE STUDY

Oğuz Ozan YOLCAN<sup>1</sup>

Department of Mechanical Engineering  
Dumlupınar University, Kütahya, Turkey  
e-mail: oguzozan.yolcan@dpu.edu.tr

M. Arif ÖZGÜR, Ramazan KÖSE, Onur KOŞAR

Department of Mechanical Engineering  
Dumlupınar University, Kütahya, Turkey  
e-mail: arif.ozgur@dpu.edu.tr, ramazan.kose@dpu.edu.tr, onur.kosar@dpu.edu.tr

**ABSTRACT:** In this study, a 1 MW solar power-plant with defined photovoltaic panels in 7 different provinces of Turkey's seven geographical regions is modelled with System Advisor Model (SAM) software, exergy efficiencies of solar panels were examined with obtained technical data and meteorological data. For the study; Ankara, Antalya, Gaziantep, İstanbul, İzmir, Samsun and Van provinces are selected and power production of photovoltaic panel, the exergy values, which are entering and leaving the system and exergy efficiencies were calculated on an hourly basis. The calculations result in the exergy efficiency of the system in 9% - 19% range and annual electricity production of systems were determined to be range from 1.1 million kWh to 1.9 million kWh. The resulting average monthly exergy efficiency, compared with the average monthly ambient temperature, exergy efficiency decreases with increasing temperature.

Key words: exergy efficiency, photovoltaic panel, solar energy, Turkey.

## INTRODUCTION

Negativity and caused limited amount of fossil fuels because of our country and the world, demand is very much on renewable energy sources in recent years. High investment costs and low overall efficiencies of renewable energy systems, make it imperative to increase the efficiency of the system as much as possible. For this purpose, energy and exergy analysis studies are important for optimum system design.

Recently, popular among renewable energy sources, solar energy comes in top. Solar electricity production of photovoltaic energy and makes exergy analysis of the relevant literature, there are many studies. Calderon et al. have accomplished the exergy analysis of the hydrogen-assisted hybrid wind-solar system. The calculations results; exergy efficiency of photovoltaic panels have found as 8.39% (Calderon et al., 2011). Saloux et al. have accomplished the exergy analysis of the PV and PV/T systems. Determination of electrical current and thermal paths exergy losses realized in order to have studied the energy and exergy balance (Saloux et al., 2013). Akyüz et al. have studied on the maximum exergy efficiency can be obtained from solar energy. Variations were prepared using a two-state experimental data into a PVP plants installed in Turkey. It will also help to analyze the

---

<sup>1</sup> Corresponding author.



program has been prepared with the help of MATLAB-Simulink software (Akyuz et al., 2012). Ozden and Tari, have accomplished the exergy and economy analysis of hybrid solar-hydrogen energy system of renewable energy. Exergy efficiency of the system is 4.25%, energy efficiency of the system is 4.06%, and electricity costs \$ 0.626 / kWh are calculated (Ozden and Tari, 2016). Park et al. examined exergy analysis of various renewable energy systems such as solar photovoltaic and biomass, and they made mention of other work (Park et al., 2014). Joshi et al. performed thermodynamic evaluations of photovoltaic systems. For energy and exergy analysis 27 March 2006 data has been used in New Delhi. Exergy efficiency of photovoltaic panels found in the range as a result of 7.8% - 11.3% (Joshi et al., 2009). Hepbasli, summarizes exergy analysis and the assessments of renewable energy systems for a sustainable future. Exergy efficiency of photovoltaic panels has acquired 11.2% (Hepbasli, 2008). Joshi et al. perform performance analysis of photovoltaic systems. They calculated the exergy efficiencies of panels in range of 8%-14% and energy efficiencies of panels in range of 9%-14% (Joshi et al., 2009). Pandey et al. perform the exergy analysis of multi-crystalline photovoltaic systems. In studies conducted in India, it has obtained the highest energy and exergy efficiency in February. According to study conducted in the morning and in the evening, efficiencies are higher than noon [9].

In this study; exergy analysis of an obtained panel were determined on hourly basis. Exergy efficiencies were calculated with meteorological data and technical data.

## MATERIAL AND METHOD

### Material

In this study; 1 MW Solar Power Plant, which Jinko Solar JKM310PP-72 Solar Panels used, was modelled with SAM software (NREL) for 7 provinces of 7 geographical regions of Turkey (Figure 1.) and hourly data of solar panels were obtained.



Figure 1. Locations of; (a) Ankara, (b) Antalya, (c) Gaziantep, (d) İstanbul, (e) İzmir, (f) Samsun, (g) Van on Turkey.

Technical data of solar panel was shown in Table 1. and current-voltage & power-voltage curves and *temperature dependence of  $I_{sc}$ ,  $V_{oc}$ ,  $P_{max}$*  were shown in Figure 2 (Jinko Solar). By using technical data of solar panel and meteorological data of selected provinces (ASME), power plant analysed thermodynamically. As a result of calculations, exergy inlet and outlet of solar panels and exergy efficiencies were determined.

As shown in Figure 3., selected provinces in Turkey, which is located in Northern Hemisphere, have the highest ambient temperature averages in the months of July and August; have the lowest ambient temperature averages in the months of January and February. The given average annual ambient temperatures for selected provinces are; 9.6 °C for Ankara, 19.1 °C for Antalya, 16.2 °C for Gaziantep, 14.4 °C for İstanbul, 16.7 °C for İzmir, 14.6 °C for Samsun and 9.6 °C for Van. The given lowest ambient temperatures for selected provinces are; -2.4 °C for Ankara, 9.8 °C for Antalya, 3.5 °C for Gaziantep and -3.3 °C for Van in January; 4.9 °C for İstanbul, 8.4 °C for İzmir and 7 °C for Samsun in February. The given highest ambient temperatures for selected provinces are; 21.5 °C for Ankara, 29.5 °C for Antalya, 30.2 °C for Gaziantep and 25.8 °C for İzmir in July; 24.2 °C for İstanbul, 24.3 °C for Samsun and 22.2 °C for Van in August.

Table 1. Technical data of selected PV panel

PV Panel	Jinko Solar JKM310PP-72
Cell Type	Poli-Kristalin 156x156 mm
Number of Cells	72
Maximum Power ( $P_{max}$ )	310Wp (STC)
Maximum Power Voltage ( $V_{mp}$ )	37.0V (STC)
Maximum Power Current ( $I_{mp}$ )	8.38A (STC)
Open-circuit Voltage ( $V_{oc}$ )	45.9V (STC)
Short-circuit Current ( $I_{sc}$ )	8.96A (STC)
Module Efficiency	15.98% (STC)
Operating Temperature(°C)	-40°C ~ +85°C
Maximum system voltage	1000VDC (IEC)
Maximum series fuse rating	15A

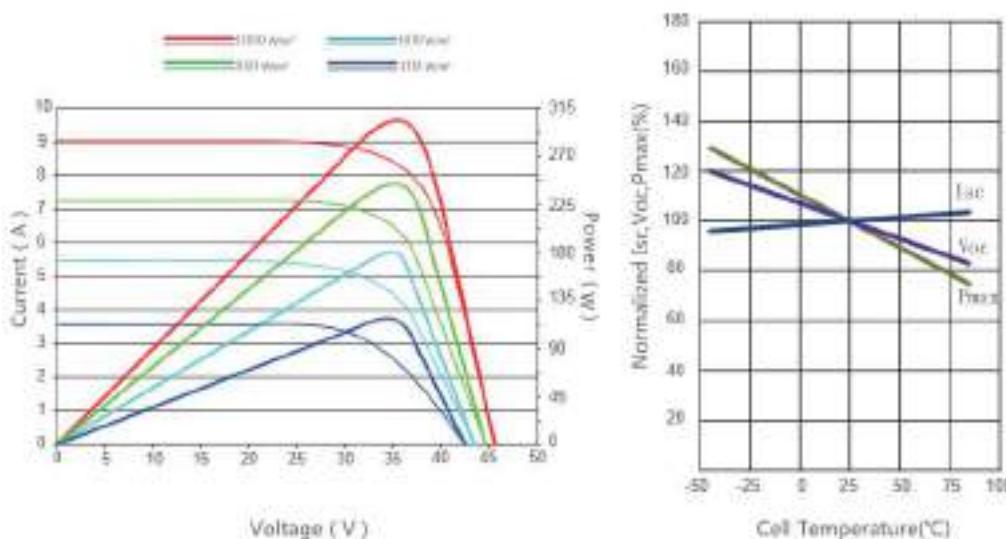


Figure 2. Current-Voltage & Power-Voltage curves and temperature dependence of  $I_{sc}$ ,  $V_{oc}$ ,  $P_{max}$

As shown in Figure 4., the given average annual wind speeds for selected provinces are; 2.45 m/s for Ankara, 3.25 m/s for Antalya, 2.56 m/s for Gaziantep, 4.76 m/s for İstanbul,

4.38 m/s for İzmir, 3.83 m/s for Samsun and 2.02 m/s for Van. Global horizontal irradiation (GHI) values of selected provinces has given in Figure 5. As expected, the highest GHI values shown in summer season.

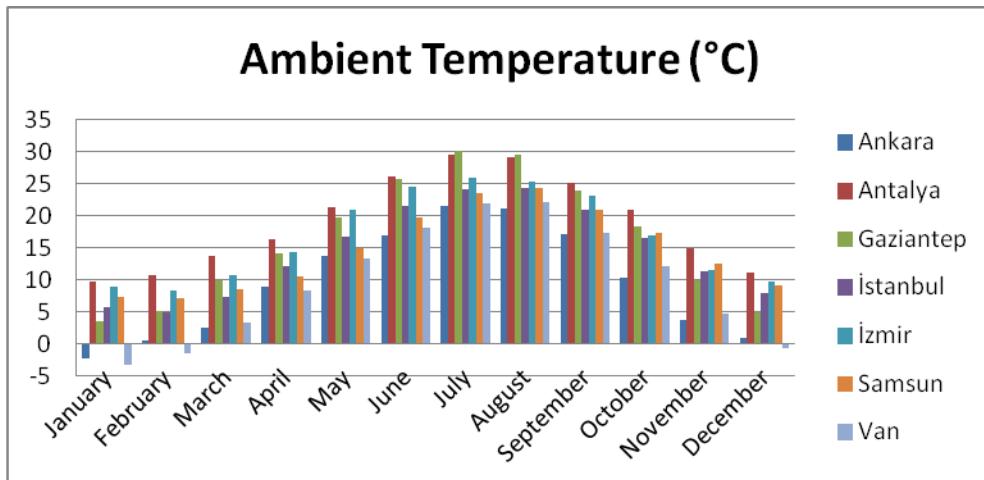


Figure 3. Monthly average ambient temperatures of selected provinces

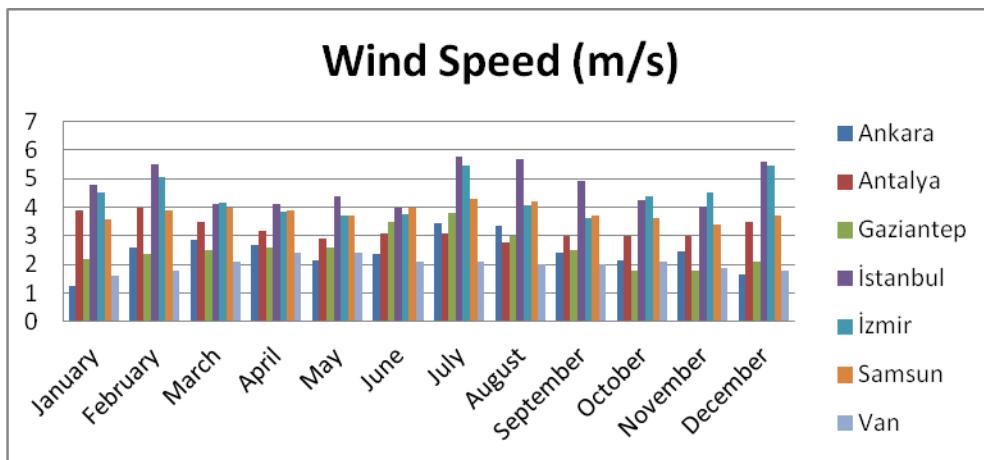


Figure 4. Monthly average wind speed of selected provinces

## Method

Different thermodynamic analysis methods were applied on solar panel. Exergy transfer on solar panel is calculated with Equations 1. and 2. Exergy inlet to the system can be obtained as sum of exergy outlet, exergy destruction and exergy losses. Exergy outlet equals to subtracting irreversibilities and exergy losses from maximum exergy;

$$\sum \dot{Ex}_i = \sum \dot{Ex}_o + \sum \dot{Ex}_d + \sum \dot{Ex}_l \quad (1)$$

$$\dot{Ex}_o = \dot{Ex}_m - \sum \dot{\Gamma} - \sum \dot{Ex}_l \quad (2)$$

Electrical exergy outlet of the system can be obtained as subtracting irreversibilities from maximum exergy (Eq. 3.);

$$\dot{Ex}_m - \sum \dot{\Gamma} = V_{oc} I_{sc} - (V_{oc} I_{sc} - V_m I_m) = V_m I_m \quad (3)$$



Heat transfer from the system with convection can be calculated as Eq. 4.;

$$Q = h_c \cdot A \cdot (T_{cell} - T_0) \quad (4)$$

Convection coefficient can be calculated as Eq. 5, is related to the wind speed (Rabadiya and Kirar, 2012);

$$h_c = 5.7 + 3.8V \quad (5)$$

Thermal exergy can be calculated as Eq. 6.;

$$\sum \dot{Ex}_k = (1 - \frac{T_0}{T_{cell}}) \cdot [(5.7 + 3.8V) \cdot A \cdot (T_{cell} - T_0)] \quad (6)$$

After the necessary calculations have been taken; exergy inlet and outlet from the system can be calculated as Eq.'s 7. and 8.;

$$\sum \dot{Ex}_o = V_m I_m - (1 - \frac{T_0}{T_{cell}}) \cdot [h_c \cdot A \cdot (T_{cell} - T_0)] \quad (7)$$

$$\sum \dot{Ex}_i = S_t \cdot A \cdot (1 - \frac{T_0}{T_s}) \quad (8)$$

Exergy efficiency of the system can be calculated as Eq. 9.;

$$\Psi = \frac{\dot{Ex}_o}{\dot{Ex}_i} = \frac{V_m I_m - (1 - \frac{T_0}{T_{cell}}) \cdot [h_c \cdot A \cdot (T_{cell} - T_0)]}{S_t \cdot A \cdot (1 - \frac{T_0}{T_s})} \quad (9)$$

## THERMODYNAMIC ANALYSIS

Thermodynamic analysis of solar panel were applied with selected method. For this, technical panel data were used, beside meteorological data of selected provinces. As shown in Figure 5.; cell temperature have the highest average temperature in summer season, in parallel with ambient temperature.

Monthly electricity production of modelled power plant has shown in Figure 6. Net production values are increasing in summer months, in connection with GHI. As a result of modelling, annual production values of power plants are; 1,317 MWh for Ankara, 1,559.6 MWh for Antalya, 1,686.9 MWh for Gaziantep, 1,244.6 MWh for İstanbul, 1,516.8 MWh for İzmir, 1,134.9 MWh for Samsun and 1,498 MWh for Van.

As result of calculations; the monthly average exergy efficiencies of panels have given in Figure 8. The highest and lowest and annual average exergy efficiencies for selected provinces are, respectively; 15.59% in February, 11.25% in June and 13.35% for Ankara, 17.13% in December, 10.09% in July and 13.45% for Antalya, 19.62% in December, 9.61% in June and 13.68% for Gaziantep, 15.68% in January, 11.9% in June and 13.63% for İstanbul, 16.87% in January, 11.18% in June and 13.59% for İzmir, 17.11% in December, 11% in July and 13.67% for Samsun and 16.91% in January, 9.99% in June and 13.34% for Van. As can be seen on Figure 7., exergy efficiencies are decreasing while ambient temperatures are increasing.

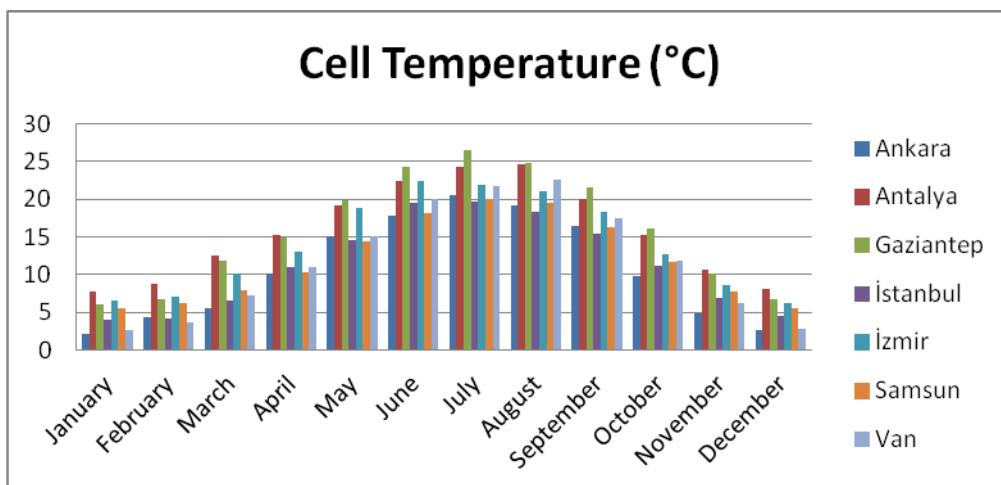


Figure 5. Monthly average cell temperature of PV Panels

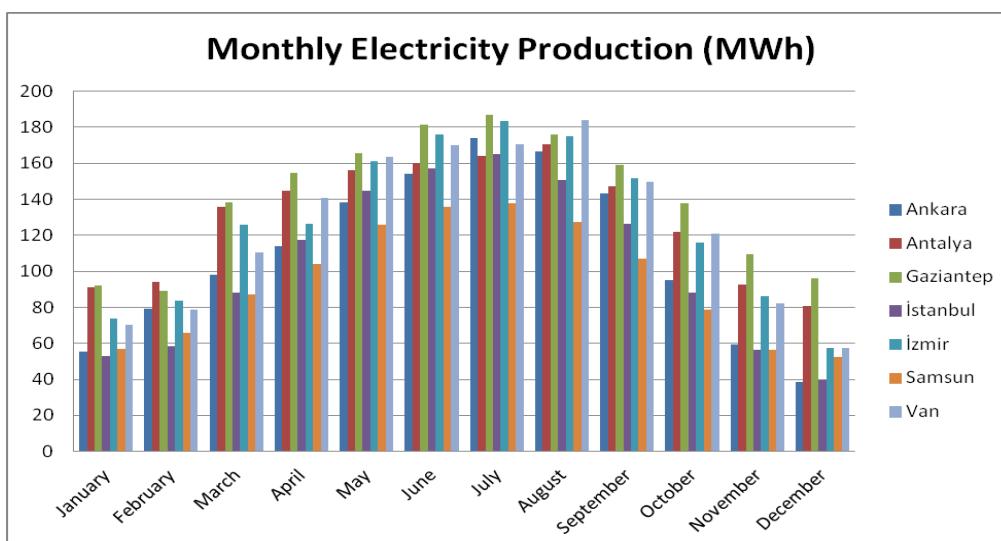


Figure 6. Monthly electricity production of designed powerplants for selected provinces

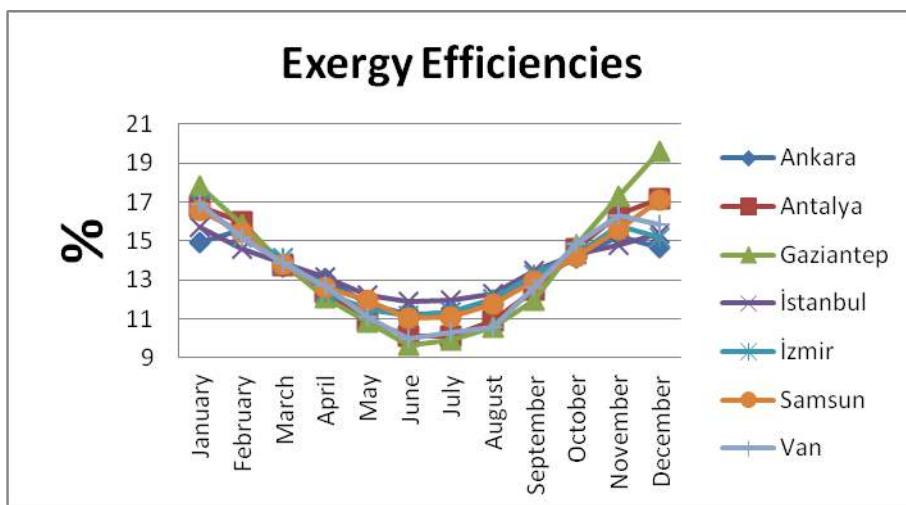


Figure 7. Exergy Efficiencies

As can be seen on Figure 8., there is an inverse relationship between exergy efficiency and ambient temperature. For all selected provinces, exergy efficiencies are decreasing while ambient temperatures are increasing. Exergy efficiencies reaching their highest values in winter months, when the ambient temperatures have their lowest values.

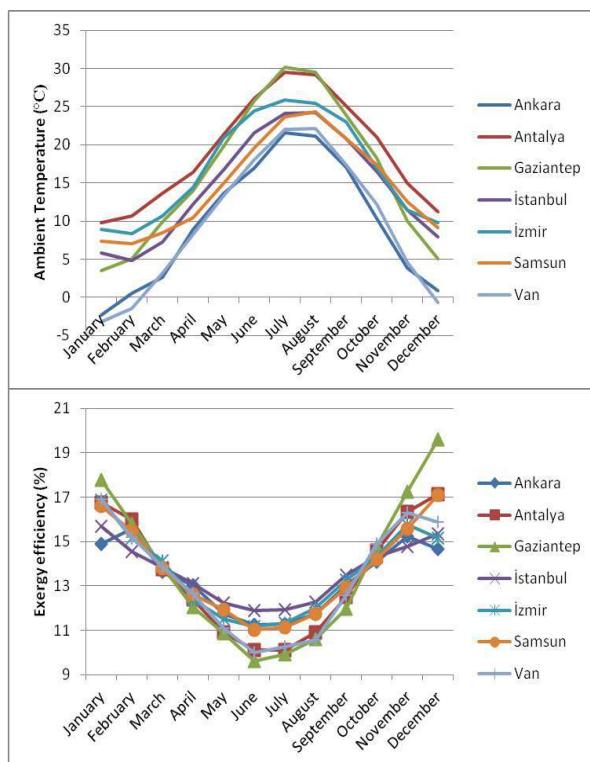


Figure 8. Comparison of exergy efficiencies-ambient temperatures

## CONCLUSIONS

It is modelled with a solar energy plant system Advisor Model (SAM) software with 1 MW power with determined photovoltaic panel in the 7 geographical regions of Turkey and the photovoltaic panels which are considered to be used in this plant with the aid of meteorological data, Yields. Ankara, Antalya, Gaziantep, İstanbul, İzmir, Samsun and Van were selected for the study and thermodynamic analysis was performed for Jinko Solar JKM310PP-72 photovoltaic panel. Average annual ambient temperatures of selected provinces; 9.6 °C for Ankara, 19.1 °C for Antalya, 16.2 °C for Gaziantep, 14.4 °C for İstanbul, 16.7 °C for İzmir, 14.6 °C for Samsun and 9.6 °C for Van . When examined on a yearly basis, annual production of plants to be installed; 1,317,089 kWh for the province of Ankara, 1,559,605,1 kWh for the province of Antalya, 1,686,924,2 kWh for the province of Gaziantep, 1,244,590 kWh for the province of İstanbul, 1,516,833,9 kWh for the province of Izmir and 1,134,914,1 kWh for the province of Samsun and for Van province it was 1,497,955,4 kWh. Annual average exergy efficiencies for selected provinces; 13.35% for the province of Ankara, 13.45% for the province of Antalya, 13.68% for the province of Gaziantep, 13.63% for the province of İstanbul, 13.59% for the province of Izmir, 13.67% For 13.34% of the total. When the graphs are examined, it is seen that the exergy efficiencies are higher at the time when the average ambient temperature value is low. Therefore, as the ambient temperature increases, exergy efficiencies may decrease. In



addition, exergy efficiencies were found to be higher in day and evening hours than in noon hours.

## REFERENCES

- Akyuz, E., Coskun, C., Oktay, Z., Dincer, I. (2012). A novel approach for estimation of photovoltaic exergy efficiency. *Energy* 44: 1059-1066.
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineer. International Weather for Energy Calculations. from <https://energyplus.net/weather>
- Calderon, M., Calderon, A. J., Ramiro, A., Gonzalez, J. F., Gonzalez, I. (2011). Evaluation of a hybrid photovoltaic-wind system with hydrogen storage performance using exergy analysis. *International Journal of Hydrogen Energy* 36: 5751-5762.
- Hepbasli, A. (2008). A key review on exergetic analysis and assessment of renewable energy sources for a sustainable future. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 12: 593-661.
- JKM310PP-72 Technical Data Sheet. from <http://www.jinkosolar.com>
- Joshi, A. S., Dincer, I., Reddy, B. V. (2009). Performance analysis of photovoltaic systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13: 1884-1897.
- Joshi, A. S., Dincer, I., Reddy, B. V. (2009). Thermodynamic assessment of photovoltaic systems. *Sol Energy* 83: 1139-1149.
- National Renewable Energy Laboratory. System Advisor Model. from <https://sam.nrel.gov>
- Ozden, E., Tari, I. (2016). Energy-exergy and economic analyses of a hybrid solar-hydrogen renewable energy system in Ankara, Turkey. *Applied Thermal Engineering* 99: 169- 178.
- Pandey, A. K., Tyagi, V. V., Tyagi, S. K. (2013). Exergetic analysis and parametric study of multi-crystalline solar photovoltaic system at a typical climatic zone. *Clean Technologies and Environmental Policy* 15: 333-343.
- Park, S. R., Pandey, A. K., Tyagi, V. V., Tyagi, S. K. (2014). Energy and exergy analysis of typical renewable energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 30: 105-123.
- Rabadiya, A.V., Kirar, R. (2012). Comparative Analysis of Wind Loss Coefficient (Wind Heat Transfer Coefficient) For Solar Flat Plate Collector, *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering* 2: 463-468.
- Saloux, E., Teyssedou, A., Sorin, M. (2013). Analysis of photovoltaic (PV) and photovoltaic/thermal (PV/T) systems using the exergy method. *Energy and Buildings* 67: 275-285.



## INVESTIGATION OF THE FRACTURE ENERGY OF CONCRETE STRENGTHENED BY NYLON-MONOFILAMENT AND STEEL FIBER

Rasool Dakhil MOHSIN

Gaziantep Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gaziantep

rasoolmohsineng@yahoo.com

Farid H. ARNA'OT

Gaziantep Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gaziantep

farnaot@gmail.com

Ahmmad A. ABBASS

Gaziantep Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gaziantep

engaaa78@gmail.com

Mustafa OZAKCA

Gaziantep Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gaziantep

ozakca@gantep.edu.tr

**ABSTRACT:** Concrete is characterized by its brittleness strength criterion; therefore many researchers had been conducted to enhance this criterion. Many types of fibers are investigated, the key point of the judgment on the suitability of the fibers for such a concrete is the basis of member loading type, type of the fiber, the proportion of the concrete materials, and the interaction between the fibers and the matrix. It is known that the fracture mechanics apply a proper analysis of the crack behavior, therefore, it is preferred by many researchers to employ the fracture mechanics in finite element analysis, in this way the energy absorption capacity of the fibrous concrete is the main property. Current work aimed to produce a concrete strengthened by Steel Fibers (SF) or Nylon-Monofilament (NM) or both of them in 1% volume fraction. The judgment on the improvement level is based on the fracture energy capacity. The results showed that all adding the fibers in general increases the fracture energy capacity. Hybrid fibers of 1% of both SF and NM results in higher enhancement reach ten times the plain concrete.

## INTRODUCTION

Materials using in construction are categorized as ductile, quasi-brittle, and brittle. Concrete is characterized by its low tensile strength and brittleness, which are some disadvantages of the concrete mechanical properties. Adding the fiber to the concrete is one of the best options to improve the mechanical properties. The activities of the different types of the fibers are depended on both of its properties and the proportional of the matrix. Since 1960's, many researches had been conducted on the investigation the behavior of the Fibrous Reinforced Concrete (FRC) in the different concrete material proportion [1]. The judgment was based on the strength criteria. However, it is well known that the concrete is about complex behavior under the internal and external loading type, because of its heterogeneous material. The basis of the strength criteria, it is believed that the concrete structural members are cracking when the tensile stress reaches the tensile strength and crashing when the compressive stress reaches a specified value representing the material's



compressive strength. According to fracture mechanics, once the stress intensity factor in the crack tips is reached the fracture toughness the cracks are starting to propagate, the toughness can be defined in terms of fracture energy and the critical stress intensity.

Adding the fibers will complicate the analysis of a concrete phenomenon that is applying bridging process additional to the aggregate bridging and the micro-crack shielding in the cracking process. Therefore, it is proper to describe the concrete cracking strength through the fracture mechanics [2]. However, applying the Linear-Elastic Fracture Mechanics (LEFM) to the concrete was limited to slow development [3], since the first applying in 1962 by Kaplan [4].

In the current work, fibrous concrete has been investigated in order to show the activity of different types of single and hybrid fibers on the strength and the energy dissipating. Three-point bending tests are used to evaluate the fracture energy.

## METHODOLOGY

The fracture energy  $G_f$  of the materials can be defined as the amount of energy that consuming to propagate the crack one unit [5]. Mathematically, it is the area under the load-displacement curve or the load-CMOD (Crack Mouth Opening Displacement) that curve obtaining by the three-point bending test (see Figure 1) that proposed by RILEM TC 50 [6] [7] or by the Japan Concrete Institute Standard method [8]. In such a configuration, two energies are supplied to break the ligament area of notched beams into two halves. Firstly, the work applied by the imposed load ( $W_0$ ) which is obtained by calculating the area under the load-displacement curve, and the second are the energy induced from the weight of the specimen ( $W_1 = F \times \delta_0 = m \times g \times \delta_0$ ). The effect of the  $F$  has a significant affection that may reach 40-60%. Therefore, the fracture energy ( $G_f$ ) can be obtained by dividing the total amount of absorbed energy ( $W = W_0 + W_1$ ) by the fractured area (ligament area [ $hb - ab$ ]) as follows,

$$G_f = \frac{W_0 + m \times g \times \frac{L_1}{L} \times \delta_f}{b \times (h - a)} \quad \text{Equation 1}$$

where  $b$ ,  $h$ ,  $a$  are illustrated in Figure 1,  $m$  is the mass of the beam,  $g$  is the acceleration due to gravity, and  $\delta_f$  is the displacement at the failure. The maximum bending stresses at the tip of the ligaments can be obtained based on the simple flexural formula as follows,

$$\sigma_{Nu} = \frac{6 M_u}{b \times (h - a)^2} \quad \text{Equation 2}$$

where  $M_u$  is the maximum bending moment resistance, which is equal to the maximum recorded force  $P_u$  multiplied by the half of the span ( $L_1/2$ ), other parameters are illustrated in Figure 1.

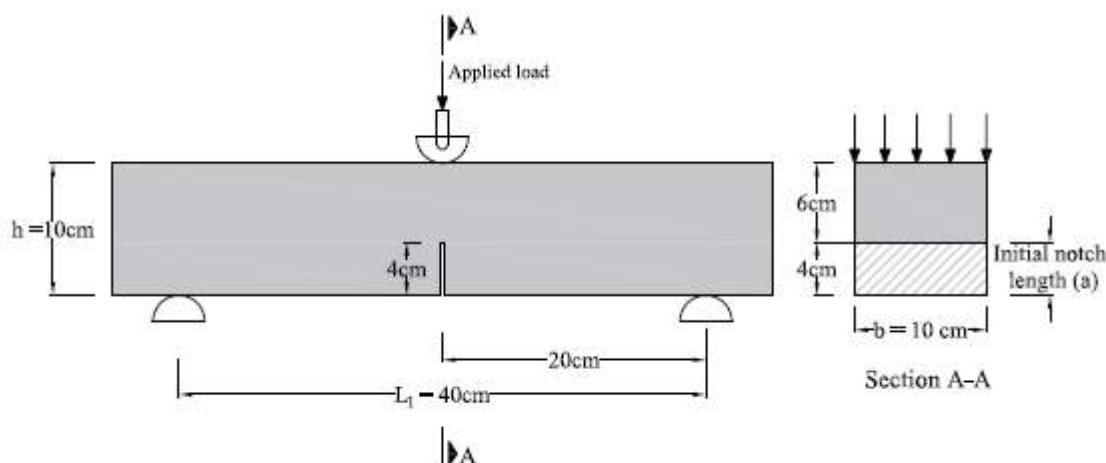


Figure 1 Three-point bending test setup

## EXPERIMENTAL WORKS

### Materials and Mixes

Basis on the author's experience, the plain concrete is designed to produce a 28 days standard cylinder compressive strength of 50 MPa. Moreover, the proportion of the materials showed in Table 1 produces a more homogeneous concrete with less porous, such a proportion lead to a proper bond between the aggregate and the fibers. Increasing the surface area of the binder through adding silica fume and fly ash, 4% and 39% respectively leads to quick gaining the strength. For all mixes, the fine aggregate of river sand and a coarse aggregate of crushed stone of 57% and 43% by weight of the total aggregate were used. For the high surface aggregate area, it is expected that the producing mixture will be of low workability, hence Portland cement (CEM 1 52.5 R) of early strength and suitable for high-performance concrete were used. The materials were mixed using a vertical drum mixer, dry aggregates were mixed for 3 minutes, then the fine binder materials were added. The materials are then mixed for more 2 minutes. The water was added gradually followed by adding the high water reducer "Glenium 51". The total mixing periods after adding the water until mixture homogeneity were 5-7 minutes. After the end of mixing, the concrete was poured into the standard mold, the specimens were replaced from the mold after 24 hours, and carried in the water tank for 28 days.

**Table 1. Concrete Mix Proportion Per Cubic Meter**

Mix	Fiber (%)		$V_f$	W/(C+SF)	C	S.fm	FA	S	G	W	HWR
	SF	NM									
M0	0	0									
MS	1	0		0.43	465	35	326	468	351	216	4
MN	0	1									
MSN	1	1									

SF; steel fiber, NM; Nylon monofilament, C; cement, S.fm; silica fume, FA; fly ash, S; sand, G; gravel, W; water, HWR; high water reducer

To overcome the errors expected in such a test, three standard cylinders of 100×200 mm are used for each compressive and splitting test, while two beams of 100×100×500 mm are cast to evaluate the fracture energy. To prevent the wall effect, the fiber length was less than 2.5h, the main characteristics of the fibers are presented in Table 2.

**Table 2 Properties of Fibers**

Fibers type	Density (kg/m <sup>3</sup> )	$l_f^{\dagger}$ (mm)	$D_f^{\dagger}$ (mm)	$l_f/D_f$ (mm/mm)	Tensile strength (MPa)	Elastic modulus (GPa)
Hooked-ends Steel fibers (SF)	7850	30	0.75	40	1225	200
Nylon fibrous monofilament (NM)	1140	19	0.05	380	966	25

<sup>†</sup>  $l_f$  and  $D_f$  are the length and diameter of the fibers

### Specimens Preparation and Configuration

A beam of 100×100 mm cross-section with 500 mm length was cast in order to evaluate the fracture energy of the mixture. The beam cross-section was reduced by notching the beam with 40×100 mm and 3.2 mm width, this is producing a notch/beam depth of 0.4.

Following the RILEM TC 50 [6] recommendations, the notched beams were placed on the tested machine (INSTRON of 250 kN maximum capacity) in three-point bending test configuration. Although the closed loop controlled is not necessary for fibrous concrete [8]. Because it is not expected to show a sudden decrease in post-peak load, but this test control is important for plain concrete [6]. The distance between the supports and point load was 200 mm as shown in Figure 1. The test conditions (size of beams, test setup (span/depth), machine stiffness, and the depth of the notch) were applying proper stability of the test, because the instability may lead to increase the  $G_f$  values. The tests were carried out using deflection rates of 0.1 mm/min up to 10 mm, then the rate was increased to 0.5 mm/min up to failure.

The central displacements were measured using the internal crosshead displacement in addition to the Linear Variable Displacement Transducer (LVDT) that vertically placed at the center of the bottom face of the beams (see Figure 2a), this configuration was applied to four beams of different mixes, while the development of the crack's width is measured using horizontally placed LVDT, located at the mouth of the notch (Figure 2b)

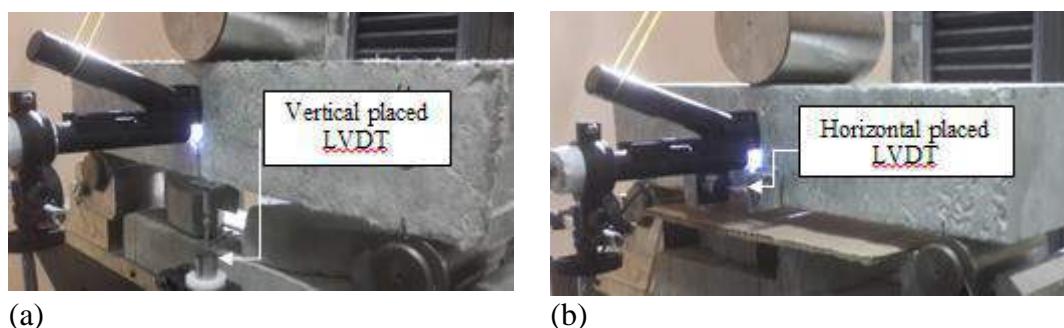


Figure 2 Linear Variable Displacement Transducer (LVDT) located (a) At the bottom of center the specimens (b) At the side of the specimens



## TEST RESULTS AND DISCUSSION

### *Concrete Strength*

In order to avoid the absorption of the energy through the compression zone and the applied stress remain within the elastic zone, the compression strength  $f'_c$  supposed to be higher than the tensile strength  $f_{ct}$  by 5 to 10 times [2]. Table 3 summarized the mixes mechanical properties. It shows that from the fibrous concrete, the ratio between  $f'_c$  and  $f_{ct}$  is ranging between 6.8 and 8.2 times, therefore the three-point bend test can be applied.

Adding the fibers are significantly enhanced the tensile strength, where the SF increased the ultimate tensile strength by 110% compared to the plain concrete; while the NM was improved the tensile strength by only 46%. The interested finding showed by the hybrid fiber, adding 1% of both NM and 1% of SF were decreased the concrete strength (compressive and tensile) compared to SF reinforced concrete by 6% and 14% respectively. i.e the earned strength by adding only SF were decreased. In the same manner, ACI318 [9] is proposing a relation between the concrete tensile strength and the square root of the compressive strength as,

$$\frac{f_{ct}}{\sqrt{f'_c}} = 0.56 \quad \text{Equation 3}$$

Tested mix M0 shows good agreement with Equation 3; however the constant in Equation 3 is differs for the tested fibrous concrete. Table 3 shows that the constant value of Equation 3 is significantly increases basis of the type of fibers, where NM increased the constant by 57%, while the constant in SF mix increased 105%. This is not surprising because of the differences in mechanical properties of the two fibers. Moreover, the hooked ends of the SF apply more resistance and proper transferring the stress between the cracks' edges than the straight ends of the NM.

**Table 3. Concrete Characterized Mechanical Properties**

Mix	Age	$f'_c$ (MPa)	$f_{ct}$ (MPa)	$\frac{f_{ct}}{\sqrt{f'_c}}$	E (GPa)
	(day)				
M0	32	54.6	3.9	0.53	21.3
MN	33	46.8	5.7	0.83	26.7
MS	32	56.2	8.2	1.09	30.4
MSN	33	52.8	7.0	0.96	37.2

### *Load-Displacement Behavior*

In order to investigate the fictitious energy absorption, the displacement obtained from the internal LVDT (solid lines in Figure 3a) and the external LVDT (dashed lines in Figure 3a) is compared. It shows that the two lines (solid and dashed) are almost identical for beams

with single fiber types, however there is a fictitious energy absorption shown in the beam with hybrid fibers, this is may be due to high modulus of elasticity, further investigations are in need.

Figure 3b depicted the applied load-displacement of the center of the tested notched beams, two beams of the same mix were tested, it shows that there are some differences in the recorded data, the differences are increased with increasing the strength of the beams, in spite of high differences in beams with MNS mix (reinforced with hybrid fibers), a hardening plateau is shown after the first crack deflection. Figure 4 shows the developments of the Crack Mouth Opening Displacement (CMOD) under the nominal stresses (Equation 2), the CMOD are measured for four beams, through horizontally placed LVDT as shown in Figure 2b. It shows that the fibers in general are significantly improved the behavior of the Stress – CMOD relationship.

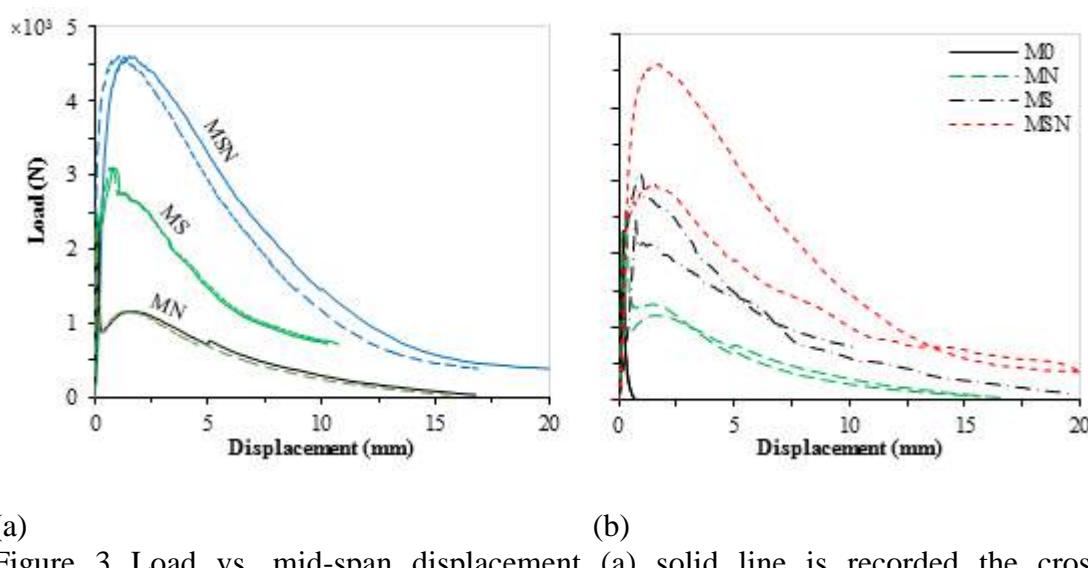


Figure 3 Load vs. mid-span displacement (a) solid line is recorded the crosshead displacement, and the dashed line is LVDT recording (b) for all tested beams, displacement recorded crosshead displacement

For the fibrous concrete mixtures (MN, MS, and MSN), the fracture energy  $G_f$  were equal to the area under the load - displacement curve up to 0.02 kN that is corresponding to the preloading.

Table 4 summarized the "best" results obtained from the notched beams test. The parameters used in comparisons are the ultimate resistance load ( $P_u$ ) and its corresponding vertical deflection ( $\delta_u$ ), work applied by the imposed load ( $W_0$ ), nominal stresses ( $\sigma_{Nu}$ ) where fibrous concrete nominal stresses ( $\sigma_{Nu}^f$ ) are introduced as unity for a plain concrete ( $\sigma_{Nu}^0$ ) and the tensile strength ( $f_{ct}$ ). Finally, the fracture energy of the fibrous concrete ( $G_f^F$ ) is introduced as a unity for a plain concrete ( $G_f^0$ ). It shows that all fracture parameters are increases dramatically with the addition the fibers, although the addition of SF significantly enhanced the fracture energy ( $G_f$ ), the hybrid fibers show an increment in  $G_f$  reach 80 times that obtained from plain concrete. These values are also obtained by Denneman et al., [10] with flexural capacity of 13.3 MPa. These results are obtained from different concrete material proportion and they used a poly-propylene instead of NM in hybrid fibers, the compressive and tensile strength was 108 and 6.29 MPa respectively, with a relative size ( $h/L_1$ ) of 0.3. Moreover, approximately the same  $G_f$  is obtained by

Barros and Cruz [5] from a notch beams of SF reinforced concrete 1.1% SF volume fraction added to ordinary concrete and without any additional binder materials, the produced concrete of 33.5 MPa compressive strength, moreover, the beams' span were 800mm. Comparing the results obtained by both references found in the literature [5] [10], with that obtained in this work, proof that the compressive and flexural strength has a slight effect on the fracture energy, however, the tensile strength has direct effect.

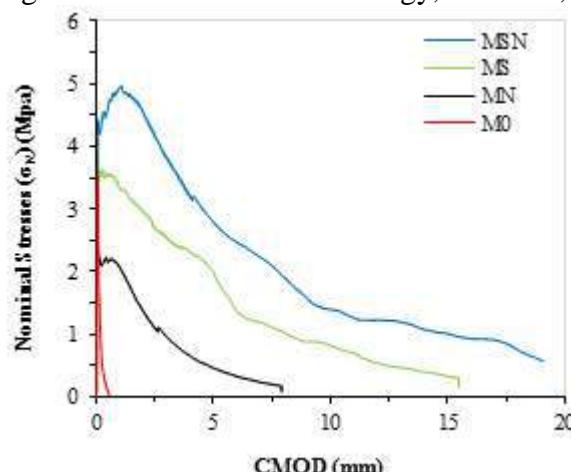


Figure 4 Nominal stresses vs. crack opening

**Table 4. Concrete Characterized Fracture Properties**

Mix	P <sub>u</sub>	δ <sub>u</sub>	W <sub>0</sub>	σ <sub>Nu</sub>	$\frac{\sigma^F_{Nu}}{\sigma^0_{Nu}}$	$\frac{\sigma^F_{Nu}}{f_{ct}}$	G <sub>f</sub>	$\frac{G_f^F}{G_f^0}$
	(kN)	(mm)	(N.m)	(MPa)			(N/mm)	
M0	2.33	0.20	0.4	3.9	1.0	1.0	0.1	1.0
MN	2.35	0.14	8.5	3.9	1.0	0.7	1.6	19.9
MS	3.11	0.82	16.4	5.2	1.3	0.6	2.9	35.3
MSN	4.61	1.52	37.8	7.7	2.0	1.1	6.5	80.7

## CONCLUSIONS

The main objective of this paper is to produce hybrid fibers of improved fracture energy. From premised, the driven conclusion is that inclusion the SF and NM to concrete mixture has no significant effect on the compressive strength, however, using 1% of fiber volume fraction are increasing the tensile strength. Adding hybrid fibers of equal volume fraction are negatively affected both the compressive and the tensile strength. The enhancement of the strength behavior also accompanied with improvement in fracture parameters where the fracture energy of the fibrous concrete tested by three-point bending test increases ten times.

## REFERENCES

- [1] V.C. Li, "Engineered Cementitious Composites (ECC) – Material, Structural, and Durability Performance," in *Concrete Construction Engineering Handbook*. New York: CRC Press, 2007, p. 1586.



- [2] A. Hillerborg, "Concrete Fracture Energy Tests Performed by 9 Laboratories According to a Draft RILEM Recommendation: Report to RILEM TC50-FMC.," LTH, Lund University, Report TVBM; Vol. 3015 1983.
- [3] E. Denneman, W. Rongzong, E.P. Kearsley, and A.T. Visser, "Discrete Fracture in High Performance Fibre Reinforced Concrete Materials," *Engineering Fracture Mechanics*, pp. 2235–2245, 2011a.
- [4] P.E Peterson, "Crack Growth and Development of Fracture Zones in Plain Concrete and Similar Materials," Lund Institute of Technology, REPORT TVBM-1006 1981.
- [5] J.A.O. Barros and J.S. Cruz, "Fracture Energy of Steel Fiber-Reinforced Concrete," *Mechanics of Composite Materials and Structures*, vol. 8 (1), pp. 29-45, 2001.
- [6] FMC (Draft Recommendation) RILEM TC 50, "Determination of the Fracture Energy of Mortar and Concrete by Means of Three-Point Bend Tests on Notched Beams," *Materials and Structures*, vol. 18 No.106, pp. 285-290, 1985.
- [7] A. Hillerborg, "The Theoretical Basis of a Method to Determine the Fracture Energy GF of Concrete," *Materials and Structures*, vol. 18 No106, pp. 291-296, 1985.
- [8] JCI-S-002-2003, "Method of Test for Load-Displacement Curve of Fiber Reinforced Concrete by Use of Notched Beam", Japan Concrete Institute Standard, Standard 2003.
- [9] ACI318-14, "Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318M-14) and Commentary (ACI 318RM-14)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, ACI 318, 2014.
- [10] E. Denneman, E. Kearsley, and A.T. Visser, "Definition and Application of a Cohesive Crack Model Allowing Improved Prediction of the Flexural Capacity of High-Performance Fibre-Reinforced Concrete Pavement Materials," *Journal of the South African*, vol. 54 No 2, pp. 101-111, 2012.



## RELATIONSHIP BETWEEN ENERGY CONSUMPTION AND FINANCIAL DEVELOPMENT IN OECD COUNTRIES: PANEL CAUSALITY ANALYSIS

Erkan Alsu  
Gaziantep Üniversitesi  
[alsu@gantep.edu.tr](mailto:alsu@gantep.edu.tr)

Cengizhan Karaca  
Gaziantep Üniversitesi  
[cengizhankaraca@hotmail.com](mailto:cengizhankaraca@hotmail.com)

**ABSTRACT:** As the development level of the countries increases, the financial development levels also increase. Increases in economic growth rates cause to increase of the money supply in the economy. These increases in money supply lead to widening of bank deposits and special loans. On the other hand, economic growth, which leads to an increase in the income level of households, also causes an increase in consumption expenditures of the individuals. The increase in spending is accompanied by increases in energy consumption. Economic growth has also contributed to the increase in energy consumption as well as financial development. There are many studies in the literature about the existence of the relationship between energy consumption and economic growth. There is a significant relationship between energy consumption and economic growth, which is the common outcome of the work undertaken. In this scope; the existence of the relationship between economic growth and energy consumption has led to many researches in academic literature in recent years about the existence of the relationship between economic growth and financial development and whether there is an association between energy consumption and financial development. In this study, it was analyzed whether there is a causal relationship between energy consumption and financial development. As data period, 1971-2015 year range, which can be reached from OECD and World Bank database, was selected. As the data set, panel data set of 25 OECD countries was used. Nominal Per capita GDP (2010 Gross National Rate), Banks' domestic loans (GNP ratio), and Trade Volume (GNP ratio) has been used as financial development measures. As a measure of energy consumption, per capita energy use has been used. According to Dumitrescu and Hurlin (2012) Panel Granger Causality Test results, there is a one-way causality relationship from per capita GDP to per capita Energy Consumption. In addition, there is a one-way causality relationship from trade volume to per capita Energy Consumption. However, there is no causal relationship between domestic loans which are the private sector of banks (GNP ratio) and per capita energy consumption.

**Key words:** Energy Consumption, Financial Development, Unit Root Test, Dumitrescu - Hurlin Panel Causality Test

## OECD ÜLKELERİNDE ENERJİ TÜKETİMİ VE FİNANSAL GELİŞME ARASINDAKİ İLİŞKİ: PANEL NEDENSELLİK ANALİZİ

**ÖZET:** Ülkelerin gelişmişlik düzeyi arttıkça finansal gelişme düzeyleri de artmaktadır. Ekonomik büyümeye oranlarındaki artışlar ekonomide para arzının artmasına neden olmaktadır. Para arzındaki bu artışlar banka mevduatlarında ve özel kredilerde genişlemeye neden olmaktadır. Öte yandan hane halkın gelir güzeyinde bir artışa neden ekonomik büyümeye, bireylerin tüketim harcamalarında da bir artışa neden olmaktadır. Harcama



düzeyinde meydana gelen artışa enerji tüketimindeki artışlar eşlik etmektedir. Ekonomik büyümeye, finansal gelişmenin yanı sıra enerji tüketimindeki artışa da neden olmaktadır. Enerji tüketimi ile ekonomik büyümeye arasındaki ilişkinin varlığına dair literatürde birçok çalışma mevcuttur. Yapılan çalışmaların ortaya koymuş olduğu ortak sonuç enerji tüketimi ve ekonomik büyümeye arasında anlamlı bir ilişkinin var olduğunu söylemektedir. Bu kapsamda; ekonomik büyümeye ve enerji tüketimi arasındaki ilişkinin varlığı, aynı şekilde ekonomik büyümeye ve finansal gelişmeye arasındaki ilişkinin varlığı, enerji tüketimi ve finansal gelişmeye arasında da bir ilişkinin var olup olmadığı hakkında son yıllarda akademik yazında birçok araştırmaya neden olmuştur. Bu çalışmada enerji tüketimi ile finansal gelişmeye arasındaki nedensellik ilişkisinin var olup olmadığı analiz edilmiştir. Veri dönemi olarak, OECD ve Dünya Bankası veri tabanından ulaşılabilen 1971-2015 yıl aralığı seçilmiştir. Veri seti olarak, 25 OECD ülkesine ait panel veri seti kullanılmıştır. Finansal gelişme ölçütleri olarak Nominal Kişi Başı GDP( 2010 Sabit Fiyatlarla Gayri Safi Milli Hasıla),Bankaların özel sektörde olan yurtiçi kredileri (GSMH'ya oranı), Ticaret Hacmi (GSMH'ya oranı) kullanılmıştır. Enerji tüketimi ölçüyü olarak da kişi başına düşen enerji kullanımı kullanılmıştır. Gerçekleştirilen Dumitrescu ve Hurlin(2012) Panel Granger Nedensellik Testi sonuçlarına göre Kişi Başı GSMH'dan kişi başı Enerji Tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi vardır. Ayrıca, ticaret hacminden Kişi Başı Enerji Tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. Ancak, bankaların özel sektörde olan yurtiçi kredileri (GSMH'ya oranı) ile Kişi Başı Enerji Tüketimi arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi bulunmamaktadır.

**Anahtar sözcükler:** Enerji Tüketimi, Finansal Gelişme, Birim Kök Testi, Dumitrescu – Hurlin Panel Nedensellik testi

## GİRİŞ

Enerji tüketimi günümüzde tüm dünya devletlerinin önem verdiği ve bu alanda politikalar ürettiği bir konu olarak görülmektedir. Sanayi devriminin gerçekleştiği 18. ve 19. yüzyılın başlarında, emek yoğun üretimin gerçekleştiği ekonomik yapıdan, endüstrinin hakim olduğu bir ekonomiye geçildiği ve emeğin yerini makinelerin aldığı ifade edilmektedir (Lee vd., 2008:2360). Avrupa Birliği (2020) enerji stratejisinde, enerji verimliliğinin beş öncelikler arasında sıralandığı ve Avrupa Komisyonu (2010) Enerji raporuna göre, AB'nin Avrupa'nın yıllık birincil enerji tüketimini 2020 yılına kadar % 20 azaltmayı hedeflediği ifade edilmektedir (Çoban ve Topçu, 2013:81). Enerji tüketimi ekonomik büyümeye hayatı bir rol oynamaktadır. Enerji, üretimde verimliliği artırmaktadır (Kakar vd.,2016:469). Ülkemizde enerji tüketiminin 1980 sonrasında hızlı bir şekilde arttığı ifade edilmektedir. Dış ticarette serbestleşmenin etkisiyle ekonomide tarım kesimi önemi kaybetmiş ve sanayi ağırlıklı üretimler başlamıştır. Sanayi üretimlerindeki bu artış, ülkenin petrol, doğal gaz ve kömür türü fosil yakıtlara olan talebini artırmıştır (Mucuk ve Uysak, 2009:106).

Finansal gelişme, doğrudan yabancı yatırım sayılarındaki artış, bankacılık faaliyetinde artışlar ve borsa faaliyetlerinde artışlar olarak ifade edilmektedir. Finansal gelişme, ülkenin finansal sisteminin ekonomik verimliliğini artırdığı ve ekonomik faaliyetlerin genişlemesin sonucunda da enerji talebinin etkileneceği ifade edilmektedir (Sadorsky, 2011:999; Shahbaz ve Lean,2012:40). Finansal gelişmenin enerji talebini etkilemesi durumunda ülkelerin enerji politikalarının ve karbon emisyon stratejilerinin etkilendiği ifade edilmektedir. (Sadorsky, 2011:999). Finansal gelişme, enerji talebini çeşitli şekillerde etkilemektedir. Bunlardan ilki, finansal gelişmenin, enerjiye olan talebi etkileyebilecek en



doğrudan yollarından birisi, tüketicilerin otomobil, ev, buzdolabı, klima ve çamaşır makinesi gibi büyük bilet parçalarını satın almak için borç almalarını kolaylaştırmıştır. Yani finansal gelişme, tüketicilerin istedikleri tüketim eşyası ihtiyaçlarının karşılamasını kolaylaştırmaktadır. Bireylerin daha fazla tüketici ürünlerini kullanması tipik olarak bir ülkenin enerji talebini etkileyebilecek çok miktarda enerji tüketmektedir. İkinci etki olarak, finansal gelişme işletmelerin finansmana kolayca ulaşmasını kolaylaştırmaktadır. Finansman maliyetlerinin düşmesi sonucunda işletmeler yeni yatırımlar yapmaktadır. Yatırımların artması ile daha fazla işçi çalıştırılmakta daha fazla makine ve teçhizat satın alınmaktadır. Bu da enerji talebini artttırmaktadır. Üçüncü etki olarak, borsa gelişimi, işletmeler için cazip fırsatlar sunmaktadır. Borsa gelişikçe borç finansmanı kolaylaşmaktadır. Bu durum, bir ekonomide zenginlik üretmenin önemli bir bileşeni olarak değerlendirilmektedir. Artan hisse senedi piyasası faaliyeti ayrıca servet etkisi yaratarak ekonomide güvenin artmasına neden olmaktadır ve tüketicilerin daha fazla harcama yapmasına neden olmaktadır. Artan harcamalar akabinde enerji tüketiminde artışlar meydana getirmektedir (Mankiw ve Scarth, 2008).

Finansal gelişmişlik göstergeleri gelişmekte olan ülkelerde, gerek ekonomi gerekse reel sektör açısından daha önemli olmaktadır. Ekonomilerde fon talebi ve fon arz edenlerin karşılıklı olarak ihtiyaçları finansal piyasalar tarafından karşılanmaktadır. Finansal piyasalar ne kadar çok gelişmiş olursa mal piyasası da o kadar gelişmiş olmaktadır (Keskingöz ve İnançlı, 2016:102). Finansal gelişimin istikrarlı bir ekonomik büyümeye, ülkenin tasarruf oranının arttırılmasına, bilgi maliyetinin düşürülmesine ve maliyetlerin izlenmesine yardımcı olduğu ifade edilmektedir. Finansal gelişmenin aynı zamanda iş fırsatlarını, yatırım verimliliğini, mal ve hizmet alışverişini ve teknolojik ilerlemeyi artırdığı, bundan dolayı da enerji tüketiminin arttığı ifade edilmektedir (Al-mulali ve Sab, 2012:4365).

Bu çalışmada enerji tüketimi ile finansal gelişme arasındaki nedensellik ilişkisinin var olup olmadığı analiz edilmiştir. Veri dönemi olarak, OECD ve Dünya Bankası veri tabanından ulaşılabilen 1971-2015 yıl aralığı seçilmiştir. Veri seti olarak, 25 OECD ülkesine ait panel veri seti kullanılmıştır. Finansal gelişme ölçütleri olarak Nominal Kişi Başı GDP( 2010 Sabit Fiyatlarla Gayri Safi Milli Hasıla), Bankaların özel sektörde olan yurtıcı kredileri (GSMH'ya oranı), Ticaret Hacmi (GSMH'ya oranı) ve enerji tüketimi ölçüyü olarak da kişi başına düşen enerji kullanımı kullanılmıştır.

Çalışma beş bölümden oluşmaktadır. İlk olarak finansal gelişme ve enerji tüketimi hakkında bilgiler verilmiştir. İkinci bölümde konu ile ilgili olarak literatür özeti yer almaktadır. Üçüncü bölüm materyal ve yöntemden oluşmaktadır. Dördüncü bölümde araştırma bulguları yer almaktadır. Son olarak enerji tüketimi ve finansal gelişme hakkında sonuç ve öneriler yer almaktadır.

## 2. Literatür Özeti

Finansal gelişme ile enerji tüketimi arasında yapılan çalışmaların sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Son zamanlarda finansal gelişmenin ülkelerin enerji tüketimleri üzerinde etkisi olduğuna dair yapılmış bir çok çalışma bulunmaktadır (Tamazian vd., 2009; Sadorsky ,2010; Zhang, 2011; Pao ve Tsai, 2011; Kakar, vd.,2011; Sadorsky, 2011; Jalil ve Feridun, 2011, Al-mulali ve Lee, 2013; Martínez, 2013; Omri, 2013; Dedeoğlu ve Kaya,



2013; Chandran ve Tang, 2013; Islam vd., 2013; Shahbaz, vd., 2013 ; Öztürk ve Acaravcı, 2013; Khan vd., 2014; Ren vd., 2014; Shahbaz vd., 2014; Alkhathlan ve Javid, 2014; Salman ve Atya, 2014; Le vd., 2014; Komal ve Abbas, 2015; İskenderoğlu vd., 2015; Zeren ve Koç, 2015; Siddique ve Majeed, 2015; Omri vd., 2015; Ziaeı, 2015; Gümüş ve Koç, 2015; Doğan ve Değer, 2016; Çağlar ve Kubar, 2017).

Goldsmith (1969), Shaw (1973) ve Zhao Jin-wen (2007), Tamazian vd., (2009), Tamazian ve Rao (2010), Sadorsky (2010a,2011b), Pao ve Tsai (2011), Zhang (2011), Öztürk ve Acaravcı (2012), Mehrara ve Musai (2012), Tang ve Tan (2012), Shahbaz vd. (2013a), Boutabba (2014), Omri vd. (2015), Charfeddine ve KhediriK(2016), Javid ve Sharif(2016), Al-Mulali vd.(2016) finansal gelişme ve enerji tüketimi arasında pozitif bir ilişkinin olduğunu ifade etmiştir. Diğer taraftan Jalil ve Feridun(2011), Salahuddin vd.(2015), Lee vd.(2015) Shahbaz vd. (2016) finansal gelişme ve enerji tüketimi arasında istatistiksel açıdan negatif yönlü bir ilişkinin olduğunu ifade etmektedir. Ziaeı (2015), Dogan ve Turkekul (2016) finansal gelişme ile enerji tüketimi arasındaki ilişkinin istatistiksel açıdan anlamsız olduğunu ifade etmektedir.

Lee vd. (2008) çalışmasında, 22 OECD ülkesine ait 1960-2001 dönemi verilerini kullanarak enerji tüketimi ve gelir arasındaki ilişkiyi analiz etmiştir. Panel eşbütünleşme yöntemi kullanılarak yapılan analiz sonucunda enerji tüketimi, sermaye stoku ve ekonomik büyümeye arasında çift yönlü nedensellik olduğunu ifade etmektedir.

Gövdere ve Can (2009) çalışmasında, Türkiye için enerji tüketimi, dışa açıklık, dış ticaret, finansal gelişme ve sabit sermaye yatırımlarının ekonomik büyümeye arasındaki ilişkiyi incelemiştir. 1970-2011arası yıllık verileri kullanılarak ARDL sınır testi yöntemi ile yapılan analiz sonucunda, uzun dönemde enerji tüketimi, dışa açıklık, ihracat ve ithalat büyümeyi etkilediği, fakat, sabit sermaye yatırımları ve finansal genişlemenin büyümeye etkisinin istatistik olarak anlamsız olduğu ifade edilmektedir.

Mucuk ve Uysal (2009) çalışmasında, Türkiye için enerji tüketimi ve ekonomik büyümeye arasındaki ilişkiyi analiz etmiştir. 1960-2006 arası yıllık verileri kullanılarak Johansen Eş Bütünleşme Testi ve Granger Nedensellik testi yöntemi ile yapılan analiz sonucunda enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru nedenselliğin söz konusu olduğunu ifade etmektedir.

Tsani (2010) çalışmasında, Yunanistan için enerji tüketimi ve ekonomik büyümeye arasındaki ilişkiyi analiz etmiştir. 1960-2006 yıllık verileri kullanılarak Toda ve Yamamoto yöntemi ile yapılan analiz sonucunda enerji tüketiminden reel GSYİH'a doğru tek yönlü bir nedenselliğin olduğunu ifade etmektedir. Diğer taraftan endüstriyel ve konut enerji tüketimi ile GSYİH arasında çift yönlü nedensellik olduğunu ifade etmektedir.

Apergis ve Payne (2010) çalışmasında, 20 OECD ülkesi için enerji tüketimi ile ekonomik büyümeye arasındaki ilişkiyi analiz etmiştir. 1985-2005 arası yıllık verileri kullanılarak Panel Eşbütünleşme yöntemi ile yapılan analiz sonucunda yenilenebilir enerji tüketimi ile reel GSYİH arasında istatistiksel açıdan anlamlı ve pozitif yönlü bir ilişkinin var olduğunu ifade etmektedir. Hem kısa dönem hem de uzun dönemde enerji tüketimi ve yenilenebilir enerji tüketimi arasında çift yönlü nedenselliğin olduğunu ifade etmektedir.



Sadorsky (2011) çalışmasında, 9 Orta ve Doğu Avrupa sınır ekonomisi üzerine yaptığı analizde finansal gelişimin enerji tüketimi üzerindeki etkisini incelemektedir. Dinamik panel talebi modellerinden elde edilen ampirik sonuçlar, para gelişimi, mevduat para bankası varlıklarını GSYİH'ye, finansal sistem mevduatı GSYİH'ya veya likit yükümlülükler gibi bankacılık değişkenlerini kullanarak ölçülürken finansal gelişme ve enerji tüketimi arasında pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu ifade etmektedir.

Al-mulali ve Che Sab (2012) çalışmasında, Sub Sahra Afrika ülkeleri için ekonomik büyümeye ve finansal gelişmeye enerji tüketimi ve CO<sub>2</sub> emisyonu etkisini incelemiştir. 1980-2008 arası yıllık veriler kullanılarak Panel yöntemi ile yapılan analiz sonucunda, enerji tüketiminin hem ekonomik büyümeye üzerinde hem de finansal gelişmeye üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğunu ifade etmektedir.

Tang ve Wah Tan (2012) çalışmasında Malezya için enerji tüketimi ve finansal gelişmeye arasındaki ilişkiyi analiz etmiştir. 1972-2009 arası yıllık verileri kullanılarak Johansen-Juselius eşbüütünleşme testi ve sınır testi yöntemi ile yapılan analiz sonucunda enerji tüketimi ve finansal gelişmeye arasında nedenselligin olduğu ifade edilmektedir.

Çoban ve Topçu (2013) çalışmasında, Avrupa Birliği ülkeleri için finansal gelişmeye ve enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi analiz etmiştir. 1990-2011 arasındaki yıllık veriler kullanılarak sistem-GMM yöntemi ile yapılan analiz sonucunda finansal gelişmenin enerji tüketimi üzerinde önemli bir ilişkinin olmadığını ifade etmektedir.

Shahbaz vd. (2013), Güney Afrika ülkeleri için enerji tüketimi ve ekonomik büyümeye arasındaki ilişkiyi analiz etmiştir. 1965-2005 arası yıllık verileri kullanılarak ARDL sınır testi yöntemi ile yapılan analiz sonucunda ekonomik gelişmenin enerji emisyonlarını artırdığı ve finansal gelişmenin enerji emisyonu üzerinde negatif bir ilişkinin var olduğunu ifade etmektedir.

Ziaeı (2015) çalışmasında, 13 Avrupa ve 12 Doğu Asya ve Okyanusya ülkeleri için enerji tüketimi, GSYİH büyümesi, finansal gelişmeye ve CO<sub>2</sub> emisyonu arasındaki ilişkiyi analiz etmiştir. 1989-2011 arası yıllık verileri kullanılarak Panel VAR yöntemi ile yapılan analiz sonucunda finansal gelişmeye ve enerji tüketimi arasında her iki ülke grubunda da belirli değilken, Avrupa ülkelerinde hisse senedi getirisi üzerinde enerji tüketiminin etkisinin Doğu Asya ve Okyanus ülkelerinden daha fazla olduğunu ifade etmektedir.

Keskingöz ve İnançlı (2016) çalışmasında, Türkiye için enerji tüketimi ve finansal gelişmeye arasındaki ilişkiyi analiz etmiştir. 1960-2011 arası yıllık verileri kullanılarak Johansen eşbüütünleşme analizi ve VAR Granger nedensellik testi yöntemi ile yapılan analiz sonucunda uzun dönemde finansal gelişmeye ve enerji tüketimi arasında bir ilişki bulunmadığı kısa dönemde ise finansal gelişmeye göstergelerinden banka mevduatları ve enerji tüketimi arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisinin olduğu ifade edilmektedir.

Çağlar ve Kubar (2017) çalışmasında, Türkiye için finansal gelişmeye ve enerji tüketimi arasındaki nedensellik ilişkisini analiz etmiştir. 1969-2014 arası yıllık verileri kullanılarak Fourier Toda Yamamoto yöntemi ile yapılan analiz sonucunda finansal gelişmeye ile yenilenebilir kaynaklı enerji tüketimi arasında herhangi bir nedenselligin olmadığı, finansal gelişmeye ve fosil kaynaklı enerji tüketimi arasında finansal gelişmeden fosil kaynaklı enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğu ifade edilmektedir.



### 3. Materyal ve Yöntem

Ekonometrik olarak nedensellik analizi ilk kez Granger (1969) tarafından geliştirilmiştir. İleri aşamalarda Holtz-Eakin vd. (1988) ile birlikte panel veri çerçevesinde panel nedensellik ilişkisine yönelik testler geliştirilmiştir. Son yıllarda ise Dumitrescu ve Hurlin (2012) ve benzer çalışmalar gibi panel nedensellik ilişkisi için yeni testler de literatüre kazandırılmıştır. Dumitrescu ve Hurlin (2012) ifade ettiği gibi herhangi bir ekonomik durum bir ülke için geçerli olan bir nedensellik ilişkisi diğer ülkeler için de geçerli olma ihtimali oldukça yüksektir. Bu nedenle, panel veri çerçevesinde daha fazla gözlem ile nedensellik ilişkisi daha verimli bir şekilde test edilebilmektedir. (Bozoklu, ve Yıldız, 2013)

Panel veri setlerinde zaman kesiti ile yatay kesit bir araya getirilmektedir. Bu açıdan yatay kesitteki ülkeler, firmalar, hane halkları gibi kesitlerin heterojen olma durumu da dikkate alınması gereken bir durumdur. Holtz-Eakin vd. (1988) ile birlikte sunulan panel nedensellik testinde homojen yatay kesitler üzerinde durulurken Dumitrescu ve Hurlin (2012) panel nedensellik testi heterojen yapıdaki panel verilerin analizine imkân sağlamaktadır. Ancak, Dumitrescu ve Hurlin (2012) panel nedensellik testinin iki önemli ön şartı bulunmaktadır: (a) panel veri analizinde kullanılacak değişkenler durağan serilerden oluşmalıdır (diğer bir deyişle seriler birim kök içermemelidir). (b) Panel nedensellik ilişkisi kurulacak değişkenler arasındaki gecikme uzunluğu aynı olmalıdır. Ancak, bu testi gecikme uzunluğunun yanlış belirlenmesi durumunda bile test istatistiğinin oldukça güçlü olduğunu göstermişlerdir. Diğer bir taraftan, bu panel Granger nedensellik testi dengesiz paneller ve birimlerin heterojen gecikme uzunluklarına sahip olduğu paneller için bile uygulanabildiği gözlenmektedir. Paneli oluşturan ülkeler arasındaki hem yatay kesit bağımlılığını hem de heterojenliği göz önünde bulundurabilmesi, zaman boyutu, yatay kesit boyutundan ( $N$ ) büyük olduğunda da küçük olduğunda da kullanılabilmesi ve dengesiz panel veri setlerinde de etkin sonuçlar üretебilmesi bu testin üstün yanlarındandır (Bozoklu, ve Yıldız, 2013) (Alper ve Oransay, 2015)

Panel nedensellik analizinin gerçekleştirilmesi için kullanılan değişkenlerin durağan olası gerekmektedir. Bu açıdan serilerin durağanlığı Im, Pesaran ve Shin (2003) Testi ile incelenmiştir. Serilerin düzeyde durağan çıkmaması halinde birinci farkları alınarak durağan hale getirilerek farkı alınmış seriler üzerinden Dumitrescu ve Hurlin (2012) panel nedensellik testi gerçekleştirilebilmektedir.

Panelde yer alan serilerin sınandığı Im, Pesaran ve Shin (2003) Testinin en önemli güçlü yanı tüm birimler için zaman serilerine ayrı ayrı durağanlık sınavması gerçekleştirmesidir. Ayrıca, IPS birim kök testi tüm bireysel ADF test istatistiklerinin bir ortalamasıdır. Test için hipotezler aşağıdaki gibi kurulmaktadır:

$$H_0 = \rho_i = 1$$

$$H_A = \rho_i < 1$$

Im, Pesaran ve Shin (2003) Testi aşağıdaki modelden hareket etmektedir:

$$\Delta Y_{it} = \rho_i Y_{it-1} + \sum_{L=1}^{\rho_i} \phi_{iL} Y_{it-L} + \mu'_i \gamma + u_{it} \quad (1)$$



Im, Pesaran ve Shin t istatistiği bireysel ADF istatistiklerinin ortalamasıdır ve aşağıdaki gibi ifade edilebilmektedir:

$$\bar{t} = \frac{1}{N} + \sum_{i=1}^N t_{pi} \quad (2)$$

(2) numaralı denklemde  $t_{pi}$ , bireysel ADF istatistiklerini ifade etmektedir. Testte ayrıca hipotezlerin sınanması için de standart normal t dağılımı yerine her bir grup için hesaplanan t değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak bir  $\bar{t}$  istatistiği elde edilmektedir(Tatoğlu,,2012:213).

Dumitrescu ve Hurlin (2012) panel granger nedensellik testindeki x ve y, n tane birim için t dönemi boyunca ölçümlenen iki durağan süreci ele aldığımda, t zamanda her birim (i) için aşağıdaki doğrusal heterojen model aşağıdaki gibi ortaya çıkmaktadır:

$$y_{i,t} = \alpha_i + \sum_{k=1}^K \gamma_i^{(k)} y_{i,t-k} + \sum_{k=1}^K \beta_i^{(k)} x_{i,t-k} + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

(1) nolu denklemde bireysel etkilerin sabit olduğu; gecikme parametreleri ve regresyon eğim katsayılarının birimler arasında farklılık arz ettiği; gecikme uzunluğunun tüm yatay kesitlerde aynı kaldığı varsayılarak nedensellik analizi için sabit etkiler modeli kurulmuştur. Buradaki denklem sayesinde test edilen temel ve alternatif hipotez aşağıdaki şekilde kurulmuştur:

$$H_0: \beta_i = 0 \quad \forall i = 1, \dots, N$$

$H_0$ : Tüm Birimlerde iki değişken arasında Granger nedensellik ilişkisi yoktur

$$H_1: \beta_i \neq 0 \quad \forall i = 1, \dots, N$$

$H_1$ : En az bir birimde iki değişken arasında Granger nedensellik ilişkisi vardır

$$\beta_i \neq 0 \quad \forall i = N_1 + 1, \dots, N$$

$$0 \leq N_1/N < 1 \quad (4)$$

Panel nedensellik analizinin temel hipotezin testi bireysel Wald istatistiklerinin basit ortalaması alınarak ortaya koymaktadır( $W_{N,T}^{H,N,C}$ ). Ayrıca bir diğer test de t'nin küçük değerleri için ki-kare dağılımına uyum sağlamayan belirsizlik için ortalama ve varyans tahmini kullanarak Walt testinin tahmini standardize edilmiş test istatistiğini kullanmayı önermiştir( $Z_{N,T}^{H,N,C}$ ). (Bozoklu, ve Yıldız, 2013) (Alper ve Oransay, 2015)(Aytun, vd.,2015)(Göçer, 2013)(Göçer, vd.,2014)(Kılıç, vd.,2014)

Bu çalışmada OECD üyesi ülkeler çerçevesinde enerji tüketimi ve finansal gelişme arasındaki ilişki panel nedensellik analizi ile ortaya koymaktadır. Bu kapsamda OECD üyesi Avustralya, Avusturya, Belçika, Şili, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, İzlanda, İrlanda, İsrail, İtalya, Japonya, Kore, Lüksemburg, Meksika, Hollanda, Norveç, Portekiz, İspanya, İsveç, Türkiye, İngiltere, ABD olmak üzere 25 ülke ele alınmıştır. Bu çalışmada enerji tüketimi ile finansal gelişme arasındaki nedensellik ilişkisinin var olup olmadığı analiz edilmiştir. Veri dönemi olarak, OECD ve Dünya Bankası veri tabanından ulaşılabilen 1971-2015 yıl aralığı seçilmiştir. Veri seti olarak, 25



OECD ülkesine ait panel veri seti kullanılmıştır. Çalışmada değişkenler mevcut literatür dikkate alınarak aşağıdaki gibi elde edilmiştir:

**Tablo – 1: Çalışmada Kullanılan Bağımlı ve Bağımsız Değişkenler**

Kategori	Değişken Tanımı *	Değişken Adı
Finansal Gelişme	Nominal Kişi Başı GDP( 2010 Sabit Fiyatlarla Gayri Safi Milli Hasıla)	GDP (Logaritmik Dönüşürmeme Ln_GDP kullanımına dönüşmüştür. Durağanlık sinamasında ise d_Ln_GDP kodunu almıştır.
Finansal Gelişme	Bankaların özel sektörde olan yurtiçi kredileri (GSMH'ya oranı)	CREDIT (Logaritmik Dönüşürmeme Ln_CREDIT kullanımına dönüşmüştür. Durağanlık sinamasında ise d_Ln_GDP kodunu almıştır.
Finansal Gelişme	Ticaret Hacmi (GSMH'ya oranı)	TRADE (Logaritmik Dönüşürmeme Ln_TRADE kullanımına dönüşmüştür. Durağanlık sinamasında ise d_Ln_TRADE kodunu almıştır.
Enerji Tüketimi	Enerji kullanımı (kişi başına petrol eşdeğer kg'sı)	ENERGY (Logaritmik Dönüşürmeme Ln_ENERGY kullanımına dönüşmüştür. Durağanlık sinamasında ise d_Ln_ENERGY kodunu almıştır.

\*İlgili veriler OECD ve dünya bankası tarafından sunulan resmi internet sitelerinden elde edilmiş ve analiz kapsamında Eviews 9.0 versiyonlu paket programdan yararlanılmıştır.

#### 4. Bulgular ve Tartışma

OECD üyesi Avustralya, Avusturya, Belçika, Şili, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, İzlanda, İrlanda, İsrail, İtalya, Japonya, Kore, Lüksemburg, Meksika, Hollanda, Norveç, Portekiz, İspanya, İsveç, Türkiye, İngiltere, ABD olmak üzere 25 ülke esas alındığında 1971 – 2015 yıllık veriler incelendiğinde Tablo – 2 temel istatistiklerinin varlığı ortaya koyulabilir. İlgili göstergeler seçilen OECD ülkelerin tamamında kişi başına enerji tüketiminin tüm yıllarda ortalama yıllık 3977 dolar seviyesinde olduğu söylenebilir. En yüksek değerin 18178 dolar olduğu en düşük değerin de 516 dolar seviyesinde olduğu anlaşılmaktadır.

**Tablo – 2: Değişkenlere Ait Tanımlayıcı İstatistikler**

	ENERGY	GDP	TRADE	CREDIT
Ortalama	3977.67	31671.39	69.14	70.03
Medyan	3678.51	29782.54	58.92	63.37
Maksimum	18178.14	111968.30	419.53	312.12
Minimum	516.11	1965.64	9.10	5.63
Standart sapma	2444.98	18343.57	47.26	39.98
Çarpıklık	1.82	1.23	2.79	1.12
Basıklık	9.34	5.83	14.68	4.95
Jarque-Bera ist.	2504.35	658.81	7850.75	411.72
Anlamlılık	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Gözlem Sayısı	1125	1125	1125	1125



Tüm yatay kesitte ve zaman kesitinde verilerin normal dağılmadığı Jarque-Bera testinden anlaşılmaktadır. Aynı zamanda kişi başına GDP(GSMH) tüm yıllarda ortalama yıllık 31671 dolar seviyesinde olduğu söylenebilir. En yüksek değerin 111968 dolar olduğu en düşük değerin de 1965 dolar seviyesinde olduğu anlaşılmaktadır. Diğer taraftan Ticaret hacminin GDP(GSMH) içindeki payı % 69 seviyelerindedir. Bu değer maksimum seviyede bir yatay kesitin bir döneminde % 419 olarak gerçekleşmiştir. Diğer taraftan minimum değeri de bir yatay kesitin bir döneminde % 9 düzeyindedir. Bankaların özel sektörde olan yurtiçi kredilerinin GDP(GSMH) yüzde değeri ise tüm yatay kesit ve zamanda ortalama % 70 seviyelerindedir. Maksimum değere % 312 ile ulaşmışken minimum değeri % 5 olarak gözlenmiştir.

Tablo – 3: Değişkenlere Ait Spearman Rank Korelasyon Matrisi \*

DEĞİŞKENLER	Ln_CREDIT	Ln_ENERGY	Ln_GDP	Ln_TRADE
Ln_CREDIT	1.0000			
Ln_ENERGY	0.2832	1.0000		
Ln_GDP	0.5321	0.7505	1.0000	
Ln_TRADE	0.2206	0.3125	0.3928	1.0000

\* Veri setindeki değişkenlerin normal dağılmadığı Jarque-Bera testinden anlaşılmış ve bu açıdan normal dağılım göstermeyen değişkenler için önerilen(Özdamar) Spearman Rank Korelasyon testi tercih edilmiştir.

Tüm değişkenler nominal dolar cinsinden tutarlardan oluşmaktadır. Bu kapsamda, istatistikî ve ekonometrik analiz yapılmaması için verilerin dönüşümleri sağlanmış ve değişkenlerin tamamının doğal logaritmaları(LN) alınmıştır. Nicel veriler normal dağılıma sahip olmadığı için korelasyon analizi yapılırken Spearman's rank order korelasyonu(rho) tercih edilmiştir. Bu test Pearson's korelasyon katsayısının parametrik olmayan alternatifidir(Kalaycı, 2014:110). Tablo – 3'deki değişkenler incelendiğinde Finansal gelişme kategorisinde yer alan değişkenler arasında yüksek düzeyde bir korelasyona rastlanmamış ve değişkenler olduğu gibi kullanılmaya karar verilmiştir.

Tablo – 4: Panel Birim Kök Testi Sonuçları

DEĞİŞKENLER	Im, birim kök testi Düzeyde I[0]	Peseran,Shin (IPS)	
		Anlamlılık Test İstatistiği düzeyi	Birinci Farkta I[1] Anlamlılık Test İstatistiği düzeyi
LN_ENERGY	-1.51444	0.065***	-13.0462 0.0000*
LN_CREDIT	-0.8512	0.19730	-15.2554 0.0000*
LN_GDP	-0.3578	0.36030	-12.3283 0.0000*
LN_TRADE	2.7113	0.99660	-16.7027 0.0000*

\*, \*\*, \*\*\* sırasıyla % 1, % 5, % 10 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Dumitrescu ve Hurlin (2012) panel nedensellik testinin gerçekleştirilebilmesi için serilerin durağan olması gerekmektedir. Serilerin durağanlığı yatay kesitler arasında heterojenliği



dikkate alan ve 2.nesil birim kök testi olarak bilinen Im, Peseran, Shin (IPS) birim kök testi ile incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre % 1 ve % 5 anlamlılık seviyesinde tüm değişkenlerin(LN\_ENERGY, LN\_CREDIT, LN\_GDP, LN\_TRADE) düzey değerlerde durağan olmadığı anlaşılmıştır. Ancak değişkenlerin birinci farkları alındığında durağanlaşlığı anlaşılmıştır. Dolayısıyla tüm değişkenler I[1] seviyesinde durağandır. Tüm değişkenler birinci dereceden durağan olduğu için panel nedensellik analizi yeni türetilmiş fark değerler üzerinden gerçekleştirılmıştır.

**Tablo – 5: Dumitrescu ve Hurlin(2012) Panel Granger Nedensellik Testi Sonuçları**

Temel Hipotez:	K=1			K=2		
	$W_{N,T}^{HNC}$	$Z_{N,T}^{HNC}$	P Değeri	$W_{N,T}^{HNC}$	$Z_{N,T}^{HNC}$	P Değeri
d_Ln_CREDIT $\not\Rightarrow$ d_Ln_ENERGY	1.36405	1.00495	0.3149	2.44914	0.74787	0.4545
d_Ln_ENERGY $\not\Rightarrow$ d_Ln_CREDIT	0.84558	-0.66814	0.504	2.40516	0.64963	0.5159
d_Ln_GDP $\not\Rightarrow$ d_Ln_ENERGY	2.93876	6.08651	0.0000***	3.3034	2.65573	0.0079***
d_Ln_ENERGY $\not\Rightarrow$ d_Ln_GDP	1.15521	0.33101	0.7406	2.5398	0.95034	0.3419
d_Ln_TRADE $\not\Rightarrow$ d_Ln_ENERGY	5.17233	13.2942	0.0000***	5.857	8.3589	0.0000***
d_Ln_ENERGY $\not\Rightarrow$ d_Ln_TRADE	1.08072	0.09065	0.9278	2.27447	0.35775	0.7205

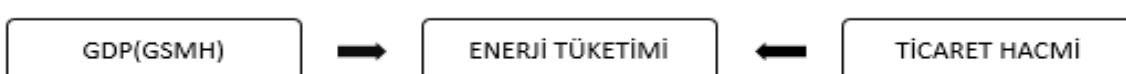
Not: Panel Granger Nedensellik Testi için K gecikme uzunluğunu göstermektedir.  
 \*, \*\*, \*\*\* sırasıyla % 10, % 5, % 1 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Dumitrescu ve Hurlin(2012) Panel Granger Nedensellik Testi sonucuna göre;

d\_Ln\_CREDIT değişkeninden d\_Ln\_ENERGY değişkenine doğru bir nedensellik ilişkisi bulunmamaktadır. Aynı zamanda d\_Ln\_ENERGY değişkeninden d\_Ln\_CREDIT değişkenine doğru bir nedensellik ilişkisi bulunmamaktadır. Dolayısıyla bu iki değişken arasında tek yönlü veya çift yönlü herhangi bir nedensellik ilişkisi bulunmamaktadır.

d\_Ln\_GDP değişkeninden d\_Ln\_ENERGY değişkenine doğru bir nedensellik ilişkisi vardır. Ancak, d\_Ln\_ENERGY değişkeninden d\_Ln\_GDP değişkenine doğru bir nedensellik ilişkisi bulunmamaktadır. Dolayısıyla bu iki değişken arasında tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunmaktadır.

d\_Ln\_TRADE değişkeninden d\_Ln\_ENERGY değişkenine doğru bir nedensellik ilişkisi vardır. Ancak, d\_Ln\_ENERGY değişkeninden d\_Ln\_TRADE değişkenine doğru bir nedensellik ilişkisi bulunmamaktadır. Dolayısıyla bu iki değişken arasında tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunmaktadır.



Şekil -1: Değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisinin yönü

### SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmanın temel amacı enerji tüketimi ile finansal gelişme arasındaki ilişkinin ortaya çıkarılmasına yöneliktir. Bu kapsamda 25 OECD ülkesi ele alınarak 1971 – 2015 yılları arasında yıllık veriler kullanılarak bu ilişki ele alınmıştır. Bu kapsamda seçilen ülkelerde finansal gelişme ile enerji tüketimi arasında tek yönlü bir ilişki tespit edilmiştir. Kişi başına düşen GSMH ve ülkelerin ticaret hacmi doğrudan enerji tüketimini etkilemektedir. Burada ortaya koyulan ilişkiyi açıklayan birçok çalışma bulunmaktadır. Ancak, doğrudan ele alınacak olursa Lee vd. (2008), Gövdere ve Can (2009), Tsani (2010), Apergis ve Payne (2010), Sadorsky (2011) gibi çalışmalar GSMH ve Ticaret hacminin enerji tüketimine neden olduğunu ifade etmektedirler. Bu nedenle ülkeler finansal politikalarını belirlerken ve stratejiler gerçekleştirirken enerji tüketimini de dikkate almalıdır. Diğer taraftan sermaye stokundaki genişleme, ihracat ve ithalatta artış ve dışa açıklıktaki ilerlemeler enerji tüketimini de artırmaktadır. Buna göre ülkelerdeki uluslararası ticaret hacminin



artması daha fazla mal üretme anlamına geldiğinden bu genişlemenin daha fazla enerji kullanımına neden olacağı söylenebilir(Destek,2016).

. Bu kapsamda enerji politikaları ve finansal politikalar karşılıklı ele alınarak kısa ve uzun vadeli planlar gerçekleştirilmesi ülkenin faydasına olabilir. Çalışmanın sonucu olarak ülkelerin daha etkin enerji tüketimine dikkat etmesi, finansal büyülükler ile ilgili politikaların enerji politikaları ile uyumlantırılması önerilmektedir. Enerjinin finansmanı için alternatif finansman yöntemleri tercih edilmelidir. Finansal büyülüklerin optimum düzeyi tespit edilmeli ve enerji bağımlılığı fazla olan ülkelerde büyülükler kontrollü bir şekilde değiştirilmelidir.

Bu çalışmada belli başlı kısıtlar bulunmaktadır. Her ülkenin marjinal tüketim eğiliminin farklı olması, tüketim alışkanlıklarının, gelir düzeyinin, faiz oranlarının farklı olması çalışmanın sınırlı tarafıdır. Bu kapsamında yatay kesit bağımlılığın dikkate alındığı çalışmalar yapılabilir. Bu çalışmanın literatüre olan katkısı OECD ülkeleri için yapılmış olmasıdır. Daha önceki çalışmalar daha çok zaman serisi şeklinde ele alınmıştır. Bu çalışma panel veri ekonometrisi kullanılarak çalışma alanı daha da genişletilmiştir.

## KAYNAKÇA

Acaravci A, Ozturk I.(2010). On the relationship between energy consumption,CO2 emissions and economic growth in Europe.,*Energy* 35:5412–20.

Alkhathlan, K., Gately, D., ve Javid, M. (2014). Analysis of Saudi Arabia's behavior within OPEC and the world oil market. *Energy Policy*, 64, 209-225.

Al-mulali, U., ve Lee, J. Y. (2013). Estimating the impact of the financial development on energy consumption: Evidence from the GCC (Gulf Cooperation Council) countries. *Energy*, 60, 215-221.

Al-Mulali, U., ve Sab, C. N. B. C. (2012). The impact of energy consumption and CO 2 emission on the economic growth and financial development in the Sub Saharan African countries. *Energy*, 39(1), 180-186.

Al-mulali, U., ve Sab, C. N. B. C. (2012). The impact of energy consumption and CO 2 emission on the economic and financial development in 19 selected countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(7), 4365-4369.

Alper, A. E., ve Oransay, G. (2015). Cari Açık ve Finansal Gelişmişlik İlişkisinin Panel Nedensellilik Analizi Ekseninde Değerlendirilmesi. *Uluslararası Ekonomi ve Yenilik Dergisi*, 1(2), 73-85.

Apergis, N., ve Payne, J. E. (2010). Renewable energy consumption and economic growth: evidence from a panel of OECD countries. *Energy policy*, 38(1), 656-660.

Aydın, F. F. (2010). Enerji tüketimi ve ekonomik büyümeye. Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, (35), 317-340.

Aytun, C., Akin, C. S., ve Uçan, O. (2015). Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde telekomünikasyon yatırımları ve doğrudan yabancı sermaye yatırımları ilişkisi. Ege Akademik Bakış, 15(2), 207-2016.

Boutabba, M. A. (2014). The impact of financial development, income, energy and trade on carbon emissions: evidence from the Indian economy. *Economic Modelling*, 40, 33-41.

Bozoklu, Ş., ve Yıldız, V. (2013). "Finansal Gelişme Ve İktisadi Büyüme Arasındaki Nedensellilik İlişkisi: Gelişmekte Olan Ekonomiler İçin Analiz". *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 28(2).



- Chandran, V. G. R., ve Tang, C. F. (2013). The impacts of transport energy consumption, foreign direct investment and income on CO<sub>2</sub> emissions in ASEAN-5 economies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24, 445-453.
- Charfeddine, L., ve Khediri, K. B. (2016). Financial development and environmental quality in UAE: Cointegration with structural breaks. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55, 1322-1335.
- Chtioui, S. (2012). Does economic growth and financial development spur energy consumption in Tunisia? *Journal of Economics and International Finance*, 4(4), 150.
- Çağıl, G., Türkmen, S. Y., ve Çakır, Ö. (2013). Enerji ve makroekonomik değişkenler arasındaki ilişki: Türkiye açısından bir uygulama. *Journal of Accounting ve Finance*, (58).
- Çağlar, A. E., ve Kubar, Y. (2017). Finansal gelişme enerji tüketimini destekler mi? *Journal of Suleyman Demirel University Institute of Social Sciences*, 27(2).
- Çoban, S., ve Topcu, M. (2013). The nexus between financial development and energy consumption in the eu: a dynamic panel data analysis. *Energy Economics*, 39, 81-88.
- Dan, Y., ve Lijun, Z. (2009). Financial development and energy consumption: an empirical research based on Guangdong Province. In *Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, 2009 International Conference* 3:102-105.
- Dedeoğlu, D., ve Kaya, H. (2013). Energy use, exports, imports and GDP: New evidence from the OECD countries. *Energy Policy*, 57, 469-476.
- Destek, M. A. (2016). Renewable energy consumption and economic growth in newly industrialized countries: Evidence from asymmetric causality test. *Renewable Energy*, 95, 478-484.
- Dogan, E., ve Seker, F. (2016). The Influence Of Real Output, Renewable And Non-Renewable Energy, Trade And Financial Development On Carbon Emissions İn The Top Renewable Energy Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 1074-1085.
- Doğan, B., ve Değer, O. (2016). Enerji tüketimi, finansal gelişme ve ekonomik büyümeye ilişkisi: Hindistan örneklemi. *Journal of Yaşar University*, 11(44), 326-338.
- Dumitrescu, E. I., & Hurlin, C. (2012). Testing for Granger non-causality in heterogeneous panels. *Economic Modelling*, 29(4), 1450-1460.
- Erdoğan, M., ve Ganiev, J. (2016). Orta asya ülkelerinde CO<sub>2</sub> emisyonu, iktisadi ve finansal gelişme ve fosil yakıt enerji tüketimi ilişkisi. *Electronic Turkish Studies*, 11(21).
- Farhani, S., ve Ozturk, I. (2015). Causal relationship between CO<sub>2</sub> emissions, real GDP, energy consumption, financial development, trade openness, and urbanization in Tunisia. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(20), 15663-15676.
- Goldsmith R. (1969). *Financial Structure and Development*. New York: Yale University Press.
- Göçer, İ. (2013). Ar-Ge Harcamalarının Yüksek Teknolojili Ürün İhracatı, Dış Ticaret Dengesi ve Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkileri. *Maliye Dergisi*, 165(2), 215-240. ISO 690
- Göçer, İ., Kutbay, H., Gerede, C., & Aslan, R. (2014). Vergi Teşviklerinin AR-GE ve İnovasyona Etkisi: Panel Eşbüütünleşme ve Nedensellilik Analizi. *Maliye Dergisi*, 167, 163-183.
- Gövdere B., ve Muhlis, C. A. N. (2016). Enerji tüketimi, dışa açıklık, finansal gelişme, sabit sermaye yatırımları ve dış ticaretin ekonomik büyümeye etkisi: Sınır testi yaklaşımı. *Ömer Halis demir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(1), 209-228.
- Gümüş, F. B., ve Koç, A. G. M. (2015). Ülkelerin finansal gelişmişlikleri ile enerji tüketimleri arasındaki ilişki: Dört kıta örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 20(2).

- Im, K. S., Pesaran, M. H., & Shin, Y. (2003). Testing for unit roots in heterogeneous panels. *Journal of econometrics*, 115(1), 53-74.
- Islam, F., Shahbaz, M., Ahmed, A. U., ve Alam, M. M. (2013). Financial development and energy consumption nexus in malaysian: A multivariate time series analysis. *Economic Modelling*, 30, 435-441.
- İskenderoğlu, Ö., Karadeniz, E., ve Ayyıldız, N. (2015). Enerji sektörünün finansal analizi: Türkiye ve Avrupa enerji sektörü karşılaştırması. *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 3(3), 86-97.
- Jalil, A., ve Feridun, M. (2011). The impact of growth, energy and financial development on the environment in China: a cointegration analysis. *Energy Economics*, 33(2), 284-291.
- Javid, M., ve Sharif, F. (2016). Environmental kuznets curve and financial development in pakistan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 406-414.
- Kakar, Z. K., Khilji, B. A., ve Khan, M. J. (2011). Financial development and energy consumption: empirical evidence from Pakistan. *International Journal of Trade, Economics and Finance*, 2(6), 469.
- Kalaycı, Ş. (2009). SPSS uygulamalı çok değişkenli istatistik uygulamaları. Ankara: Asıl Yayınevi.
- Keskingöz, H., ve İnançlı, S. (2016). Türkiye'de finansal gelişme ve enerji tüketimi arasında nedensellik ilişkisi: 1960-2011 dönemi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, Aralık 2016, 11(3), 101- 114
- Kılıç, C., Bayar, Y., & Özекicioğlu, H. (2014). "Araştırma Geliştirme Harcamalarının Yüksek Teknoloji Ürün İhracatı Üzerindeki Etkisi: G-8 Ülkeleri İçin Bir Panel Veri Analizi". *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (44), 115-130.
- Komal, R., ve Abbas, F. (2015). Linking financial development, economic growth and energy consumption in Pakistan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44, 211-220.
- Lebe, F., ve Akbaş, Y. E. (2015). Türkiye'de Sanayileşme, Finansal Gelişme, Ekonomik Büyüme ve Kentleşmenin Enerji Tüketimi Üzerindeki Etkisi: Çoklu Yapısal Kırılmalı Bir Araştırma. *Ege Academic Review*, 15(2).
- Lee, C. C., Chang, C. P., ve Chen, P. F. (2008). Energy-income causality in OECD countries revisited: The key role of capital stock. *Energy economics*, 30(5), 2359-2373.
- McKinnon R.(1973) *Money and Capital in Economic Development*. Washington, DC:Brookings Institution.
- Mehrara, M., ve Musai, M. (2012). Energy consumption, financial development and economic growth: an ARDL approach for the case of Iran. *International Journal of Business and Behavioral Sciences*, 2(6), 92-99.
- Mucuk, M., ve Uysal, D. (2009). Türkiye ekonomisinde enerji tüketimi ve ekonomik büyüme. *Maliye Dergisi*, 157, 105-115.
- Omri, A. (2013). CO<sub>2</sub> emissions, energy consumption and economic growth nexus in MENA countries: evidence from simultaneous equations models. *Energy economics*, 40, 657-664.
- Pao, H. T., ve Tsai, C. M. (2011). Modeling and forecasting the CO<sub>2</sub> emissions, energy consumption, and economic growth in Brazil. *Energy*, 36(5), 2450-2458.
- Ren, S., Yuan, B., Ma, X., ve Chen, X. (2014). International trade, FDI (foreign direct investment) and embodied CO<sub>2</sub> emissions: a case study of Chinas industrial sectors. *China Economic Review*, 28, 123-134.
- Sadorsky, P. (2010). The impact of financial development on energy consumption in emerging economies. *Energy policy*, 38(5), 2528-2535.
- Sadorsky, P. (2011). Financial development and energy consumption in Central and Eastern European frontier economies. *Energy Policy*, 39(2), 999-1006.



- Salahuddin, M., Gow, J., ve Ozturk, I. (2015). Is the long-run relationship between economic growth, electricity consumption, carbon dioxide emissions and financial development in Gulf Cooperation Council Countries robust?. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 51, 317-326.
- Salman, D. M., ve Atya, E. M. (2014). What is the role of financial development and energy consumption on economic growth? New evidence from North African countries. *International Journal of Finance ve Banking Studies*, 3(1), 137.
- Shahbaz, M., ve Lean, H. H. (2012). Does financial development increase energy consumption? The role of industrialization and urbanization in Tunisia. *Energy policy*, 40, 473-479.
- Shahbaz, M., Shahzad, S. J. H., Ahmad, N., ve Alam, S. (2016). Financial development and environmental quality: The way forward. *Energy Policy*, 98, 353-364.
- Shahbaz, M., Solarin, S. A., Mahmood, H., ve Arouri, M. (2013). Does financial development reduce CO<sub>2</sub> emissions in Malaysian economy? A time series analysis. *Economic Modelling*, 35, 145-152.
- Shahbaz, M., Tiwari, A. K., ve Nasir, M. (2013). The effects of financial development, economic growth, coal consumption and trade openness on CO<sub>2</sub> emissions in South Africa. *Energy Policy*, 61, 1452-1459.
- Shaw E. (1973). *Financial Deepening in Economic Development*. New York: Oxford University Press; 1973.
- Siddique, H. M. A., ve Majeed, M. T. (2015). Energy consumption, economic growth, trade and financial development nexus in south asia. 658-682.
- Tamazian, A., Chousa, J. P., ve Vadlamannati, K. C. (2009). Does higher economic and financial development lead to environmental degradation: evidence from BRIC countries. *Energy policy*, 37(1), 246-253.
- Tang, C. F., ve Tan, B. W. (2014). The linkages among energy consumption, economic growth, relative price, foreign direct investment, and financial development in Malaysia. *Quality ve Quantity*, 1-17.
- Tsani, S. Z. (2010). Energy consumption and economic growth: A causality analysis for Greece. *Energy Economics*, 32(3), 582-590.
- Tatoğlu, F. Y. (2012). Panel veri Ekonometrisi: Stata Uygulamalı. *Beta Basım Yayın*. İstanbul.
- Zeren, F., ve Koc, M. (2013). The nexus between energy consumption and financial development with asymmetric causality test: new evidence from newly industrialized countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 4(1), 83-91.
- Zhang, Y. J. (2011). The impact of financial development on carbon emissions: An empirical analysis in China. *Energy Policy*, 39(4), 2197-2203.
- Zhao Jinwen. An Empirical Study on the Intrinsic Relationship between Energy Consumption and Economic Growth [J]. *Economic Research*, 2007(8):31-42.
- Ziae, S. M. (2015). Effects of financial development indicators on energy consumption and CO<sub>2</sub> emission of European, East Asian and Oceania countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 752-759.



## INTELLIGENT ENERGY MANAGEMENT SYSTEMS IN HEALTH CARE INSTITUTIONS: PRIORITIES AND ACHIEVEMENTS

Yusuf Yalçın İLERİ

Necmettin Erbakan University, yileri@konya.edu.tr

Mehmet HACİBEYOĞLU

Necmettin Erbakan University, mhacibeyoglu@konya.edu.tr

**ABSTRACT:** The need and use of energy in hospitals is increasing because of the digitalization of healthcare services at all means, widespread use and the increase in the number of medical devices and performing administrative controls and audits through information management systems. Besides, processing, storing and backup of the stored data in the Hospital Information Management Systems (HIMS), Digital Imaging and Communications Systems (PACS), Laboratory Information Systems (LIS), Radiology Information Systems (RIS), Digital Archive and other information systems used in healthcare institutions have made it mandatory to use large data centers which include many servers and disk units. These centers, which are in great need of energy, are also critical to provide uninterrupted service because they are the main arteries of the technological infrastructure at the same time. Today, managers implement energy monitoring and management information systems to ensure that energy and electrical systems operate efficiently, to account the use of energy all over their institution and to ensure that all services continue to function uninterruptedly despite the increases of energy consumption. Implementing intelligent energy management systems, institutions will be able to use administrative tools such as load sharing and maximum energy demand management, identify and support efficient processes and devices that can increase corporate energy savings, reduce energy expenditure and investment requirements. Especially in health care facilities, irregular electrical failures and the interruption of services in priority areas and emergency departments may cause interventions of which sometimes any second is very important and may even lead to human losses. Using the emergency energy management system, the whole institution's energy necessity is arranged according to priority, urgency, importance, density etc. and the priorities can be changed and irregularities in energy consumption and distribution within the hospital will be prevented. The aim of this study is to discuss the advantages, economic benefits and managerial facilities for administrators of an emergency energy management system established in a Medical Faculty Hospital and relay our experiences with the process.

**Key words:** energy informatics, intelligent energy management system, energy priority management.

## SAĞLIK KURUMLARINDA AKILLI ENERJİ YÖNETİM SİSTEMLERİ: ÖNCELİKLER VE KAZANIMLAR

**ÖZET:** Hastanelerde enerji kullanımı ve ihtiyacı, tüm hizmet araçlarının dijitalleşmesi, tıbbi cihaz sayısının artması ve kullanımının yaygınlaşması, yönetimsel kontrol ve denetimlerin bilişim sistemlerinden faydalananarak yapılmasıyla gün geçikçe artmaktadır. Bunun yanı sıra, sağlık kurumlarında kullanılan Hastane Bilgi Yönetim Sistemleri (HBYS), Dijital Görüntüleme ve Saklama (PACS), Laboratuvar Bilgi Sistemleri (LBS), Radyoloji Bilgi Sistemleri (RBS), Dijital Arşiv vb. otomasyon sistemlerinde tutulan



verilerin işlenmesi, saklanması ve yedeklenmesi de birçok sunucu ve disk ünitesini içerisinde barındıran büyük veri merkezlerinin kullanımını zorunlu hale getirmiştir. Büyük boyutlarda enerji ihtiyacı duyan bu merkezler, aynı zamanda teknolojik altyapının ana damarları olduklarıdan kesintisiz hizmet vermeleri kritik önemdedir. Günümüzde yöneticiler, enerji ve elektrik sistemlerinin sağlıklı şekilde işlediğinden emin olmak, enerji kullanımının muhasebesini yapmak, artan enerji kullanımına rağmen hizmetlerin işleyişini kesintisiz devam edecekinden emin olmak için enerji izleme ve yönetim otomasyonlarına ihtiyaç duymaktadırlar. Akıllı enerji yönlendirme sistemi ile yük paylaşımı ve maksimum enerji talep yönetimi gibi yönetimsel araçlar kullanılabilecek, kurumun enerji tasarrufları artırılabilen, verimli işlem ve cihazlar tespit edilerek desteklenebilecek ve enerji gider ve yatırım gereksinimleri azaltılabilenktir. Özellikle sağlık kurumlarında, düzensiz elektrik kesintileri ve öncelikli alanlarda ve acil birimlerde hizmetlerin durması, saniyelerin bile bazen önemli olduğu müdahaleleri geciktirebilecek ve insan kayıplarına bile yol açabilecektir. Acil enerji yönlendirme sistemi ile tüm kurumun işleyiği öncelik, aciliyet, önem, yoğunluk vb. kriterlerle düzenlenebilecek, gerektiği durumlarda öncelikler değiştirilebilecek ve hastane içerisinde enerji tüketim ve dağıtımında düzensizliğin yerini düzen alacaktır. Bu çalışmadaki amacımız, bir Tıp Fakültesi Hastanesi'ne kurulan acil durum enerji yönlendirme otomasyonunun kuruma kazandığı avantajları, idarecilere sağladığı yönetimsel kolaylıklarını ve ekonomik faydalari tartışmak ve süreçle ilgili tecrübelerimizi aktarmaktır.

**Anahtar sözcükler:** enerji bilişimi, akıllı enerji yönetim sistemi, enerji öncelik yönetimi



## A VIBROACOUSTIC STUDY ON WOVEN COMPOSITE PLATES IN THERMAL ENVIRONMENTS

Utku UZUN  
Bulent Ecevit University  
utku.uzun@beun.edu.tr

Fatmagul KOLTUK  
Bulent Ecevit University  
fkoltuk@beun.edu.tr

Mehmet YETMEZ  
Bulent Ecevit University  
yetmez@beun.edu.tr

**ABSTRACT:** Woven composites are widely used in aviation and maritime industries especially due to their high rigidity ratios. Most important concern is the effect of noise and temperature on the mechanical properties of these type of composites. In this study, vibroacoustic analysis is considered for plain weave composite plates under relatively low degree of temperature in the range of 25-50 °C. The importance of this work is to make a methodological evaluation for the further service usage. Results are given in tabular form.

**Key words:** Plain weave, Damage, Vibroacoustic, Thermal Effect

## INTRODUCTION

In last five decades, composite materials have been a wide range of applications in engineering world such as maritime, defense, construction and aviation. The unique mechanical properties of composite materials have increased in recent years with development in production technology, as well as their relatively decreased cost of production, which has increased their preference for traditional metallic materials.

Woven composites used in the aerospace industry where composites are heavily used, are influenced by many environmental factors during their service life. Humidity, temperature, ultraviolet rays and thermal oxidation can negatively affect the properties of composite materials. The temperature can reduce the strength of the composite materials and cause the fiber/matrix interface to be deteriorated. Negative effects due to high temperatures generally affect the matrix phase of the composite material or the fiber/matrix interface, while the fibers that are reinforcing materials are less affected by temperature than the matrix materials.

Bisht and Cauhan [1] determine effects of temperature on the tensile strength of the e-glass composition with unsaturated orthophthalic polyester resin. Work between 25°C and 85°C has been carried out to observe the change of tensile strength with the increase in temperature. Benli and Sayman [2] investigate the effects of temperature and thermal stress on impact damage in glass/epoxy laminated composites. Thermal stress analyzes of the laminates were performed at temperatures of 20°C, 90°C and -50°C. Li et al. [3] search for effect of temperature on the torsion and vibro-acoustic properties of interlocked composite



plates. Analytical solution of buckling and vibro-acoustical response for fully clamped composite laminated plate in the thermal environments between 0-80°C is compared with numerical solution. Vangipuram and Ganesan [4] have investigated the free vibration and damping properties of sandwich panels consisting of rigid composite layers and isotropic viscoelastic core by using finite element method under thermal loads. Chen et al. [5] investigate effect of various parameters on collapse and vibration behaviors of laminates with temperature dependent material properties. Singha et al. [6] find out vibrational properties of parallelogram composite plates with and without thermal stresses. The effect of the edge of the parallelogram on the vibrational properties of the composite plate is investigated at single points supported at different temperatures (0-200°C) and in fully clamped conditions. Jeyaraj et al. [7] study on the vibration and acoustic response characteristics of an isotropic rectangular plate in the thermal environment. The vibrational properties of the plate in single-point supported and fully clamped cases at different temperatures (0-348°C) are presented. Geng et al. [8] consider an experimental study on vibration characteristics of a compacted rectangular plate in thermal environments. Dynamic and acoustical responses under acoustic and mechanical excitations are taken into account by conducting modal testing procedure to examine change of natural frequency of the material. Starting from room temperature, the natural frequency values and damping rates of the plate under 10 and 20°C temperature changes are also investigated. Li and Yu [9] focus on the vibration and acoustic responses of the sandwich panels constituted of orthotropic materials applied a concentrated harmonic force in a high temperature (0-100°C) environment. Du et al. [10] focus on effect of thermal stress and thermal deformation with respect to a theoretical approach on vibroacoustic characteristics of a laminated plate. Vibrational and acoustic responses are analyzed theoretically with varying temperature gradients. Jeyaraj et al. [11] conduct a numerical study on the vibration and acoustic response characteristics of a fiber-reinforced composite plate in a thermal environment by considering the inherent material damping property of the composite material. Geng and Li [12] work on both vibration and acoustic radiation characteristics of an isotropic rectangular thin plate under thermal environments. They set the critical buckling temperature about 47.7°C. Also, Zhao et al. [13] generate different meshes on PSDT-Quad4 and MSC. Nastran on this issue. Moreover, Liu and Li [14] work on vibration and acoustic response of a rectangular sandwich plate subjected to a concentrated harmonic force under thermal environment. Zou et al. [15] analyze the vibroacoustical behavior of a simply supported titanium alloy plate of the aircraft structure.

In this study, vibroacoustic analysis is considered for plain weave composite plates under relatively low degree of temperature in the range of 25-50 °C. Plain weave composite plates consist of three weave types and different thicknesses.

## METHODS OF THE ANALYSIS

### Fundamentals on Frequency and Sound Transmission Measurements

The modal analysis method is used to determine the dynamic characteristics of the woven composites, including the natural frequency, the damping values, and the mode shape, which is a value dependent on the structural deformation.

Equation of Motion;



$$[M]\{\ddot{u}\} + [C]\{\dot{u}\} + [K]\{u\} = \{F(t)\} \quad (1)$$

For many structures, damping is less than 10%, so we can ignore damping for most problems. If damping is ignored:

$$[M]\{\ddot{u}\} + [K]\{u\} = \{F(t)\} \quad (2)$$

The equation can be rewritten with  $\{\ddot{u}\}_1$  and  $\{u\}_1$

$$[M]\{\ddot{u}\}_1 + [K]\{u\}_1 = \{F(t)\} \quad (3)$$

For  $\{\ddot{u}\}_2$  and  $\{u\}_2$  vectors which are the valid result of the dynamic equation in case the load vector is set to zero:

$$[M]\{\ddot{u}\}_2 + [K]\{u\}_2 = 0 \quad (4)$$

When two equations are summed:

$$[M]\{\ddot{u}\}_1 + [M]\{\ddot{u}\}_2 + [K]\{u\}_1 + [K]\{u\}_2 = \{F(t)\} + 0 \quad (5)$$

If the equation is expressed more simply:

$$[M](\{\ddot{u}\}_1 + \{\ddot{u}\}_2) + [K](\{u\}_1 + \{u\}_2) = \{F(t)\} \quad (6)$$

In this case,  $(\{u\}_1 + \{u\}_2)$  and  $\{\ddot{u}\}_1 + \{\ddot{u}\}_2$  are valid solutions of the damping dynamic equation. As long as  $\{u\}_2$  and  $\{\ddot{u}\}_2$  are both zero, the solution to the problem can be found by the equation of motion. However, if there is a set of non-zero vectors, then the initial conditions are set as the solution method for the dynamic equation.

$$[M]\{\ddot{u}\} + [K]\{u\} = \{0\} \quad (7)$$

$$\{u\}(t) = \{U\}e^{i\omega t} \quad (8)$$

$$\{\ddot{u}\}(t) = -\omega^2\{U\}e^{i\omega t} \quad (9)$$

Using these equations following equation can be obtained.

$$-\omega^2[M]\{U\}e^{i\omega t} + [K]\{U\}e^{i\omega t} = \{0\} \quad (10)$$

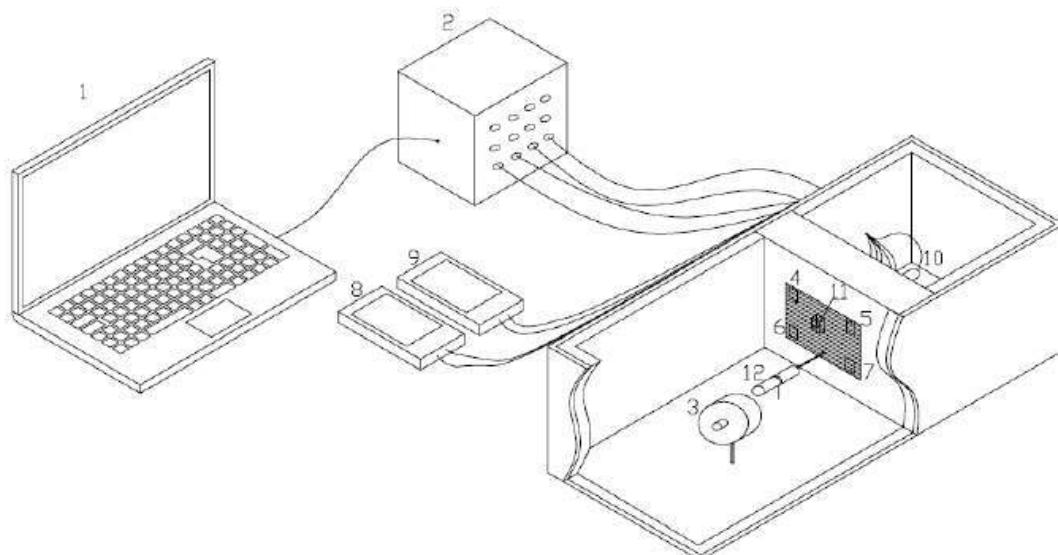
If the sides with the motion are simplified to express the equation more plainly;

$$([K] - \omega^2[M])\{U\} = \{0\} \quad (11)$$

The aim of this equation is to find the vector  $\{U\}$  corresponding to frequency  $\omega$ . It is more convenient to treat  $\{U\}$  as a form. This is why the  $\{u\}$  is called modal.  $\{U\}$  is the shape of the oscillation with  $\omega$ . There can be more than one mode for a structure, each modal mode has a very specific frequency that is characterized as natural frequency.

## Experimental Procedure

Sound insulation in vibroacoustic experiments is crucial for obtaining accurate test results, external sounds can affect the system, leading to erroneous results hence misinterpretation of the dynamic properties of the material. For this reason, a 50 mm thick polystyrene plate is placed in a wooden box prepared to obtain sound insulation at the highest level, and a 30 mm thick pyramidal acoustic foam is placed in this polystyrene plate. Two separate rooms are created in the experimental setup. In the first room there is a vibration source and heater fan, in the second room there are thermocouples and accelerometers and microphones bonded on the composite specimen. The experimental setup for measuring vibroacoustic properties of the composites is shown in Figure 1.



**Figure 1.** Experimental setup (1: Computer, 2: Data acquisition device, 3: Heater fan 4-7: Thermocouples, 8,9: Thermometers, 10: Microphone, 11: Accelerometer, 12: Excitation element)

An electric excitation element, which rotates around its own axis, is used to excite the woven composite plate at low speed. The composite plate is fixed to the center point of two aluminum plates which has a window width of 150 mm x 100 mm with a frame width of 4 mm. Behind the window, a 158×108 mm slot with a depth of 7 mm is created to accommodate the samples. Steel frames are used in different thicknesses to compress the composite plate into housing, and the composite plate is clamped between the aluminum plates. To heat the composite plate excited by a low-speed force, the sample is placed at a distance of 400 mm from the IsiJet EX-5 type electric heater fan, which blows hot air at 5 kW. To prevent direct exposure of the thermocouples to hot air from the heating element, the thermocouples and accelerometer are bonded to the other surface of the composite sample. The temperature values obtained from the thermocouples attached to the four corners of the composite plate are measured with two thermometers (CEM DT-3891g), each thermocouple pair connected to a thermometer.

The accelerometer (Model No: 3093B, Dytran Instruments, Inc., USA) glued on the sample is connected to the data acquisition device with three different cables in order to obtain data from each of the three axes to determine the vibration characteristics of the samples under the impact of low speed excitation. Experiments in computer controlled vibration experiments are carried out in the range of 0-2500 Hz using SoMat™ eDAQ-lite and nCode GlyphWorks software (HBM, Inc., USA).

Woven composite plate is exposed to low speed irritation at 25, 35 and 50°C for 15 seconds. In addition, to prevent any deviation from the results and to obtain a more accurate result, the composite specimens are removed from the apparatus and sound data is obtained with the aid of a microphone through the test setup with and without the excitation.



When a partially absorbing section which is the composite specimen in our case is placed between the two rooms, a part of the voice is reflected back into the room and a part of the voice is transmitted to the other room. In order to analyze this absorption and transition through woven composite plate under different thermal condition, sound transmission between two rooms of experimental setup is measured via a microphone (Type 46AE, G.R.A.S., Denmark).

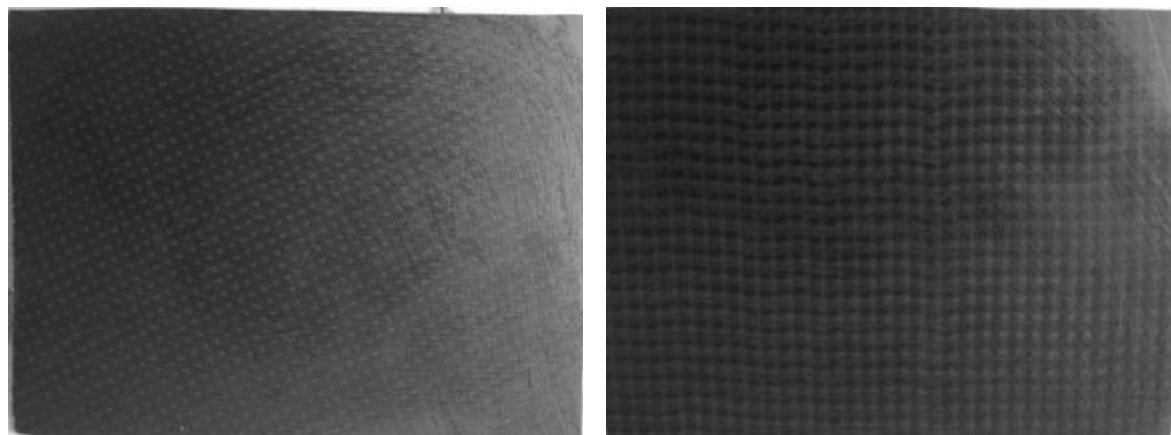
## Materials

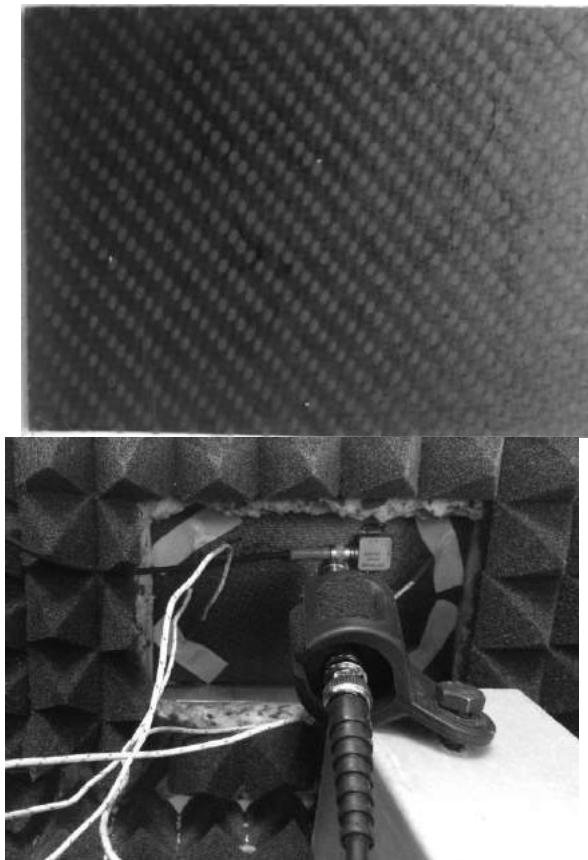
Plain weave composite plates with three different weave types and thicknesses are carbon-fiber plain weave plates with [0°/90°]<sub>s</sub> and 0.5, 1 and 1.5 mm in thickness respectively. All three specimens namely Type-1, Type-2 and Type-3 are 158 mm in length and 108 mm in width. Mechanical properties of these three specimens are given in Table 1.

**Table 1.** Mechanical properties of the specimens

Type	t (mm)	E (GPa)	v	ρ (g/cm <sup>3</sup> )
Type-1	0.5	53	0.24	0.46
Type-2	1.0	28.8	0.34	0.35
Type-3	1.5	54.3	0.26	0.53

The specimens are placed in the aluminum housing with a 4 mm thick frame in accordance with the test setup. The test specimens with test configuration are shown in Figure 2.





**Figure 2.** Plain weave composite plates and the test configuration: Type-1 (upper left), Type-2 (upper right), Type-3 (lower left) and test configuration (lower right)

## RESULTS AND DISCUSSION

Results of natural frequency and damping ratio at 25, 35 and 50°C of Type-1 plate are shown in Table 2.

**Table 2.** Frequency values and damping ratios of Type-1 composite plate

T(°C)	$\omega_1$ (Hz)	$\omega_2$ (Hz)	$\omega_3$ (Hz)	$\xi_1 (\times 10^{-3})$	$\xi_2(\times 10^{-3})$	$\xi_3(\times 10^{-3})$
25	120.8	278.3	537.8	37.23	10.79	11.17
35	132	258.8	390.7	34.35	17.38	10.24
50	87.6	174.7	271.1	60.97	42.93	18.61

Results of natural frequency and damping ratio at 25°C, 35°C and 50°C of Type-2 composite plate are shown in Table 3.

**Table 3.** Frequency values and damping ratios of Type-2 composite plate



T(°C)	$\omega_1$ (Hz)	$\omega_2$ (Hz)	$\omega_3$ (Hz)	$\xi_1 (\times 10^{-3})$	$\xi_2(\times 10^{-3})$	$\xi_3(\times 10^{-3})$
25	129.7	259.7	390.3	34.69	17.32	11.52
35	130.1	263.3	392	38.43	17.09	14.03
50	125.2	244.9	368.5	43.92	22.45	20.35

Results of natural frequency and damping ratio at 25°C, 35°C and 50°C of Type-3 composite plate are shown in Table 4.

**Table 4.** Frequency values and damping ratios of Type-3 composite plate

T(°C)	$\omega_1$ (Hz)	$\omega_2$ (Hz)	$\omega_3$ (Hz)	$\xi_1 (\times 10^{-3})$	$\xi_2(\times 10^{-3})$	$\xi_3(\times 10^{-3})$
25	103.5	210.8	313.3	43.47	23.71	17.96
35	116.7	234.9	350.7	34.27	23.4	15.68
50	117.8	238.1	355	33.95	21	14.08

An increment in damping ratios of woven composite plates is observed while the natural frequency and sound pressure values were decreasing with increment of temperature (25 °C - 35 °C - 50 °C) is observed. Frequency values of woven composite plate increases with increase in thickness (0.5 mm-1 mm-1.5 mm), while sound pressure and damping ratio values are decreased.

A decrease in the natural frequency values in the modes is observed with the increase of temperature between 25°C and 50°C (0.5 mm), but with the increase of the thickness of the samples no significant change is observed in the frequency values in the (1 mm, 1.5 mm) modes. This is thought to be due to the fact that heat penetrates the epoxy in the composite plate with low thickness better. With the increment of the thickness which means the composite has more epoxy volume, it is getting relatively harder for hot blowing air to change the physical properties of the epoxy. Thus the epoxy of the composite which has not softened by the hot blowing air due to its higher volume, has reduced the damping ratio.

## CONCLUSION

Three types of plain weave composites with having different thicknesses are examined at different temperature degrees in this study to have a better understanding of the dynamic characteristics of woven composites in different thermal environments and observing the thickness-temperature relation in carbon fiber reinforced woven composite plates.

## REFERENCES



- [1] Bisht D and Chauhan H (2014) Estimating Effects of Temperature on Tensile Strength of E-glass Composite with Unsaturated Orthophthalic Polyester. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 4 (1): 175-176.
- [2] Benli S ve Sayman O (2011) Mathematical and Computational Application. *Association of Scientific Research*, 16: 392-403.
- [3] Li X, Yu K, Han J, Song H and Zhao R (2016) Buckling and Vibro-Acoustic Response of the Clamped Composite Laminated Plate in Thermal Environment. *International Journal of Mechanical Sciences*, 119: 370-382.
- [4] Vangipuram P and Ganesan N (2007) Buckling and Vibration of Rectangular Composite Viscoelastic Sandwich Plates Under Thermal Loads. *Composite Structures*, 77 (4): 419-429.
- [5] Chen C S, Chen C W, Chen W R and Chang Y C (2013) Thermally Induced Vibration and Stability of Laminated Composite Plates with Temperature-Dependent Properties. *Meccanica*, 48 (9): 2311-2323.
- [6] Singha M K, Ramachandra L S and Bandyopadhyay J N (2006) Vibration Behavior of Thermally Stressed Composite Skew Plate. *Journal of Sound and Vibration*, 296: 1093-1102.
- [7] Jeyaraj P, Ganesan N and Padmanabhan C (2009) Vibration and Acoustic Response of A Composite Plate with Inherent Material Damping in A Thermal Environment. *Journal of Sound and Vibration*, 320 (1-2): 322-338.
- [8] Geng Q, Li H and Li Y (2014) Dynamic and Acoustic Response of A Clamped Rectangular Plate in Thermal Environments: Experiment and Numerical Simulation. *Journal of Acoustical Society of America*, 135: 2674-2682.
- [9] Xiangyang Li, Kaiping Yu (2015) Vibration and acoustic responses of composite and sandwich panels under thermal environment. *Composite Structures*, 131(1040-1049)
- [10] Meng Du, Qian Geng, Yue-ming Li (2016) Vibrational and acoustic responses of a laminated plate with temperature gradient along the thickness. *Composite Structures*, 157(483-493)
- [11] P. Jeyaraj, N. Ganesan, Chandramouli Padmanabhan (2009) Vibration and acoustic response of a composite plate with inherent material damping in a thermal environment. *Journal of Sound and Vibration*, 320 (322-338)
- [12] Qian Geng and Yueming Li (2012) Analysis of Dynamic and Acoustic Radiation Characters for a Flat Plate Under Thermal Environments. *International Journal of Applied Mechanics* Vol. 4, No. 3 1250028 (16 pages)
- [13] Rui Zhao, Kaiping Yu, Gregory M. Hulbert, Ying Wu, Xiangyang Li (2017) Piecewise shear deformation theory and finite element formulation for vibration analysis of laminated composite and sandwich plates in thermal environments. *Composite Structures*, 160 (1060-1083)
- [14] Yuan Liu and Yueming Li (2013) Vibration and acoustic response of rectangular sandwich plate under thermal environment. *Shock and Vibration*, 20: 1011–1030
- [15] Xuefeng Zou, Li Zhang, Dingwen Guo, Kai Pan (2015) Dynamic Response Analyses of Titanium Alloy Plate under Thermal Environment. Proceedings from MEIC 2015: *International Conference on Mechatronics, Electronic, Industrial and Control Engineering*. Shenyang, China Atlantis Press.





## EVALUATION OF A MEDICINAL AROMATIC PLANT WASTE FOR WASTEWATER BIOTREATMENT

Fatih DENİZ

Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Sinop University, Sinop, Turkey  
[f\\_deniz@outlook.com](mailto:f_deniz@outlook.com)

Remziye Aysun KEPEKÇİ

Department of Food Processing, Vocational High School of Technical Sciences, Gaziantep University, Gaziantep, Turkey  
[rasyunkepekci@gmail.com](mailto:rasyunkepekci@gmail.com)

**ABSTRACT:** The *Eucalyptus* genus is one of the most widely cultivated genera in the world for its oil, gum, pulp, timber, medicine and aesthetic value. Among the various wood and non-wood products, essential oil obtained from *Eucalyptus* species is the most important one and finds extensive use in food, perfumery and pharmaceutical industry. As a consequence of its extensively usage in many industries, huge amounts of waste products of *Eucalyptus* species are produced annually. The widely available waste biomass of this genus generates a great potential of unused resources to develop a new cost-effective biosorbent for waste water treatment. Considering this potential, the waste bark biomass of *Eucalyptus camaldulensis* tree was evaluated as a novel biosorbent for the biosorption of Food Green 3 as a model synthetic dye from aqueous solution in the present study. The experimental studies were performed to optimize the operational factors including environmental pH, biosorbent amount, initial dye concentration and contact time in batch biosorption system. The dye biosorption potential of biosorbent was extremely affected by the studied environmental conditions. The obtained kinetic data indicated that the removal of dye molecules by the biosorbent was best described by Elovich model. The results of isotherm and thermodynamic studies showed that Freundlich model represented the biosorption equilibrium data well and this biotreatment system was a feasible, spontaneous and physical. The maximum dye biosorption capacity of used biosorbent was found as  $52.042 \text{ mg g}^{-1}$ . All these findings revealed that the prepared biosorbent has a fairly good potential for the removal of synthetic dye molecules from aqueous medium.

**Key words** Dye; *Eucalyptus* bark biomass; Biosorption; Wastewater treatment



## AN ALTERNATIVE METHOD FOR THE SUN DRYING OF TRADITIONAL DRIED EGGPLANT

Ghaith Al-QUDSI<sup>1</sup>, Ezgi YAYVAN<sup>3</sup>, Fatih BALCI<sup>2\*</sup>, Mustafa BAYRAM<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Gaziantep University, Faculty of Natural and Applied Science, Department of Biochemical Science and Technology, 27310 Gaziantep/Turkey

<sup>2</sup>Gaziantep University, Faculty of Engineering, Energy Systems Engineering, 27310 Gaziantep/Turkey

<sup>3</sup>Gaziantep University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, 27310 Gaziantep/Turkey

\*Corresponding author: [fbalci@gantep.edu.tr](mailto:fbalci@gantep.edu.tr)

**ABSTRACT:** Dried eggplant is famous traditional product and sought-after in gourmet markets as organic. The quality parameters for the dried eggplant are thickness (thin), color (attractive), moisture content (about 4 %) and shape (without rupture and shrinkage). The main problems with traditional sun-dried method are discoloration, shrinkage and shelf-life problems. To overcome unintended consequences, an alternative technique for drying which is safer and hygienic has been improved. As an artificial sun, cabinet including UV-C light was designed to dry the eggplants. Eggplant were dried at different periods (12, 24, 36, 48 hr.). The color change (CIE L\*, a\*, b\*) and the moisture content (w.b., %) of samples were determined. After 24 hours, the moisture content of eggplant decreased from 91.8 to 3.7 % (w.b.). The shape (no rupture or shrinkage) was better comparing with the sun-dried eggplant. Overall the color of eggplant stayed like fresh which makes it attractive. The increases in L\* (18.98-20.09) and a\* (0.12- 2.46) values while decrease in b\* value (4.68-3.32) shows the lightness and redness were increased on contrary with the yellowness of dried eggplant. It was found that a better dried eggplant could be obtained according to the color, shape and appearance.

**Key words:** Dried eggplant, UV-C light, Color

### INTRODUCTION

Eggplant (*Solanum melongena L.*) is an important market vegetable of Asian and Mediterranean countries. According to Food and Agriculture Organization of the United Nations, world production of eggplants was around 50.19 million tons in 2014. China as main producer (29.5 million tons) followed by India (13.5 million tons), Egypt (1.2 million tons), Iran (0.85 million tons) and Turkey (0.82 million tons) (FAO, 2014). Turkey is one of the worlds largest growers, whose annual production has been around 827380 tons in 2014 (FAO, 2014). Eggplant is a good source of vitamins and minerals, especially in potassium and phosphorus. It contains a variety of phytochemicals such as phenolics and flavonoids (Akanitapichat et al., 2010). It is ranked amongst the top ten vegetables in terms of antioxidant capacity due to the phenolic constituents (Cao et al., 1996).

Sun drying method is widely used to dry grains, vegetables, fruits and other agricultural products (I. T. Togrul et al., 2004). In Turkey, sun drying is commonly used for drying of vegetables. In open sun drying, solar radiation directly affects the foods. The heat results in vapor formation with increasing temperature and evaporation of water from the surface of food (I. T. Togrul, 2003).

During the early stages of drying, convective hot air drying is certainly the most efficient method. However, as the process continues, drying hardly progresses and slows down so it requires more energy (Argyropoulos et al., 2011). During drying process, the rate of evaporation is faster than the rate of water movement to the surface.

**Oğuzeli** is center of production and sun drying of eggplant, in Gaziantep. It is one of the most famous areas that contribute in the process of drying eggplant. The eggplant is collected from the fields are cleaned by the local people. After cleaning, next step, one of the most important process, is digging Figure (1). They are left to dry on the terraces of the houses or in empty fields over the mountains under the hot sunlight and wind. It has the disadvantages of lack of control of the drying process, loss of product quality, lack of uniformity in drying, the risk of contamination by molds, bacteria, rodents, birds and insects, long drying times are dependent on climate (St George et al., 2008). Temperature and wind play an important role in the drying process. When the temperature is high, it is being worked intensively in recent days to dry the eggplants. The duration of drying process its take 3-4 days when the temperature 30-32 C° and wind speed 18 kph (MGM) while approximately 1 and half day when temperature 40-41 C°.

They are using long rope with 2.5 meters lengths with 50 pieces of fresh eggplant Figure 2. The drying process take place in shadow region as shown as in Figure 3 and 4. Because of is exposed to heat for longer time that causes problems related to quality parameters such as unacceptable color, flavor, texture, sensory characteristics, loss of nutrients, shrinkage, reduction in bulk density and rehydration capacity Figure 5. The length of the fresh eggplant is about 7-8.3 cm while the length of dried is about 5-5.3 cm Figure 6. The thickness of digging fresh eggplant about 0.3-0.5 cm. The drying season starts at the beginning of June and ends in mid-October.



Figure 1. Sun drying process of eggplant.



Figure 2. Dried eggplant under the shadow.



Figure 3. Fresh eggplant under shadow.

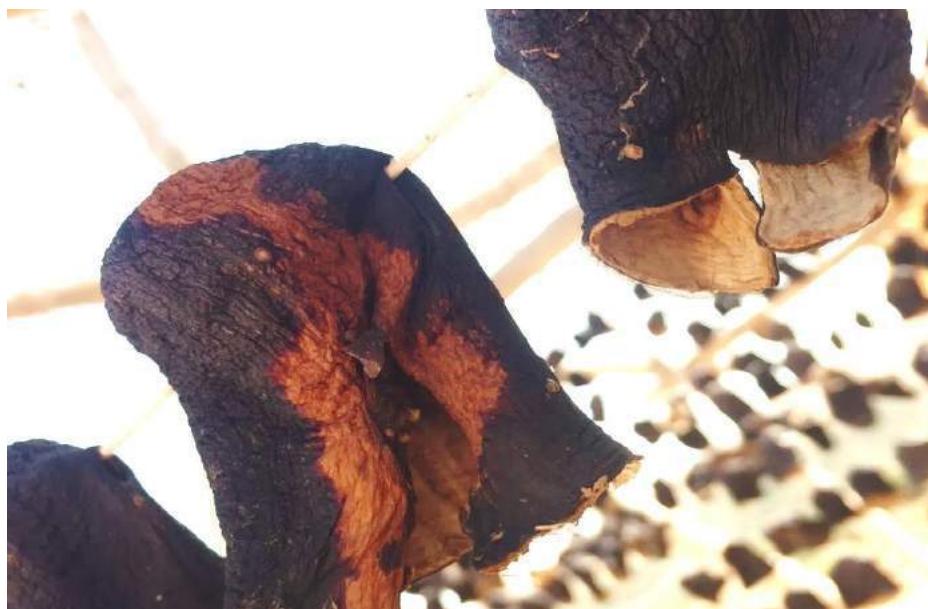


Figure 4. The excess exposure to the sunlight.



Figure 5. The difference between fresh and dry eggplant in terms of length and color.



Figure 6. Thickness of digging fresh eggplant.

## REFERENCES

- Akanitapichat, P., et al. (2010). Antioxidant and hepatoprotective activities of five eggplant varieties. *Food and Chemical Toxicology*, 48(10), 3017-3021.
- Argyropoulos, D., et al. (2011). Assessment of convection, hot-air combined with microwave-vacuum and freeze-drying methods for mushrooms with regard to product quality. *International journal of food science & technology*, 46(2), 333-342.
- Cao, G., et al. (1996). Antioxidant capacity of tea and common vegetables. *Journal of agricultural and food chemistry*, 44(11), 3426-3431.
- FAO. (2014). <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>: Food and Agriculture Organization of United Nations.
- MGM, T. C. O. v. s. İ. b. m. g. M. <https://www.mgm.gov.tr/?il=Gaziantep&ilce=Oguzeli>.



St George, S., et al. (2008). Dehydration processes for nutraceuticals and functional foods: Advances in Food Dehydration. 1st ed. Boca Raton: CRC Press.

Togrul, I. T. (2003). Determination of convective heat transfer coefficient of various crops under open sun drying conditions. *International communications in heat and mass transfer*, 30(2), 285-294.

Togrul, İ. T., et al. (2004). Modelling of thin layer drying kinetics of some fruits under open-air sun drying process. *Journal of Food Engineering*, 65(3), 413-425.



## EXAMINATION OF KILIS 7 ARALIK UNIVERSITY CENTRAL CAMPUS WATER CONSUMPTION

Çağan KILINÇ  
Kilis 7 Aralık University  
[cagankilinc@kilis.edu.tr](mailto:cagankilinc@kilis.edu.tr)

**ABSTRACT:** In this study Kilis 7 Aralık University Central Campus water consumption was examined. The behaviors and attitudes of students in different departments towards water consumption were examined by the questionnaire prepared within the scope of the study. In addition, between 26.11.2016 - 26.05.2017, weekly regular water meter measurements were taken and on-campus consumption values were obtained. Population data (personnel, students, etc.) of the campus were taken into account and the annual water consumption with the meter values was found to be 31220 m<sup>3</sup>. 28.42% of this consumption was used in engineering-architecture faculty, 10.74% in the central classroom, 5.78% in the rector's office, and 55.06% in the garden watering.

**Key words:** Kilis 7 Aralık University, Water Consumption, Water, Campus.



## THE IMPORTANCE OF WATER RESOURCES MANAGEMENT ON GAZİANTEP SAMPLING

Çağan KILINÇ  
Kilis 7 Aralık University  
[cagankilinc@kilis.edu.tr](mailto:cagankilinc@kilis.edu.tr)

**ABSTRACT:** In addition to the gradual increase in demand for water resources, time and location reveal the fact that these resources can not be found in the desired quantity and quality. This makes the most effective use and management of existing water resources within economic, environmental and social opportunities. For this purpose, the feasibility of studies on watershed management in the province of Gaziantep has been examined. In this study, the morphological structure of Gaziantep province, the current state of water resources, GASKİ (Gaziantep water and sewage management) and DSİ (State Hydraulic Works) studies to protect water resources and basin-based water resources management have been examined in general.

**Key words:** Gaziantep, GASKİ, Basin management



## HIGHWAY FEASIBILITY REPORT: A CASE STUDY FROM MARDİN-KIZILTEPE HIGHWAY

Çağan KILINÇ  
Kilis 7 Aralık University  
[cagankilinc@kilis.edu.tr](mailto:cagankilinc@kilis.edu.tr)

**ABSTRACT:** In this study, a feasibility search was carried out for the renovation of the road because the existing highway of Mardin - Kızıltepe was thought to be more beneficial to transportation and the feasibility of this road was examined. Due to the increase of YOGT (Annual Average Daily Traffic) in the current highway by approximately 50%, it is predicted that the road will no longer perform its function, and a final improvement will be made. Transportation has an active role in the country's economy. Consumption of resources such as money, materials, workmanship and time, the impact of the concept of high-cost and long-term formation transportation has ethnic role on the economy. Correct transportation should only be done by taking into account factors such as costs (construction, maintenance, and repair) and long-term public needs. It is important that economic analysis studies are carried out carefully and rigorously, using international and national measures, so that resources are not wasted in determining road needs. In the scope of the study, road data, operating benefit, accident benefit, and the most important one rentability calculation were made for economic analysis (feasibility). As a result of the calculations, the rentability was calculated as 2.57. Rentability is suitable for the 28 km highway project which is planned to be made for output above 1.25.

**Key words:** Mardin, Highway, Feasibility, Rentability.



## THE PROBLEMS OF NATURAL HAZARDS OCCURRED IN URBAN CONSTRUCTIONS WITHIN KİLİS SAMPLE

Çağan KILINÇ  
Kilis 7 Aralık University  
[cagankilinc@kilis.edu.tr](mailto:cagankilinc@kilis.edu.tr)

**ABSTRACT:** Since urbanization and industry that have accelerated in recent times, the natural environment is deteriorating considerably. Environmental and non-sustainable planning and associated projects make the world more and more dangerous for all living things. Especially the opening of the areas which are risky due to natural disasters and are not suitable for settlement causes the loss of life and material losses due to natural disasters. While the danger of flood in Kilis province is extremely low in the past years, flood, erosion and drought-related damages are increasing day by day due to urbanization and wrong land use. For this reason, disasters, which are mostly caused by natural processes, are transformed into disasters due to human activities. The connection between the effects of unplanned urbanization and the torrential rainfall in the increase of the damage caused by flood events in the province of Kilis in recent years has been examined in this study and the precautions to be taken are mentioned.

**Anahtar sözcükler:** Kilis, Natural Hazards, Urbanization



## DETERMINING THE PRECIPITATION MAP OF TURKEY BY USING KRIGING AND IDW METHODS

Hüseyin Çağan KILINÇ  
Kilis 7 Aralık University  
[cagankilinc@kilis.edu.tr](mailto:cagankilinc@kilis.edu.tr)

**ABSTRACT:** In this study distribution of precipitation in Turkey was studied. The main objective of this study is to determine the precipitation intense of each region in Turkey by GIS (Geographic Information System) and the methods of IDW and Ordinary Kriging. For determining the parameters, it is necessary to utilize DEM (Digital Elevation Model). Digital elevation data are intended for scientific use with a Geographic Information System (GIS) or other special application software. The resolution of DEM is very important in landscape and hydrological analysis e.g. Since SRTM and ASTER DEMs data are one of the most widely used elevation data sources, SRTM-30m was utilized in estimations for the corresponding region. The results of each method were compared and the results were evaluated. According to results getting from IDW and Ordinary Kriging methods precipitation map will be generated more efficiently with Kriging Interpolation.

**Key words:** Ordinary Kriging, Inverse Distance Weighting, Precipitation

### INTRODUCTION

Water is the most basic need of all living things. It is a substance that sustains all biological life from the smallest living organism to biggest living thing and human activities (Istanbulluoglu et al., 2007). World population has reached to 7.5 billion currently today and according to UNFPA (United Nations Population Funds) this number is projected to increase by one million over the next twelve years and reach 9 billion by 2050. Consequently, as increasing in world population, also demands for water (fresh water) have also increased rapidly (UNESCO, 2000). It is a vital source for the continuation of the nations. The persistence of social and economic activities mostly depends on having clean and adequate water supply. Fresh water is emerging as the most critical resource issue facing humanity (Abramovitz, 1996). The amount of available fresh water is less than 1% of the total volume of water on the earth and it is unevenly distributed in time and space. While 70 percent of the earth's surface is water, only three percent of it is fresh water—and almost all of that three percent is inaccessible for human use (Lean and Hinrichsen, 1994). About three-quarters of all fresh water on earth are locked away in the form of ice caps and glaciers located in polar areas far from most human habitation. In all, only about 0.01 percent of the world's total water supply is considered available for human use on a regular basis. This is because the water resources are polluted by increasing industrialization and urbanization shows that the world will have a water crisis in the future. In addition to the available household and drinking water resources, more water reserves are needed. Local water usage is a multiplex element of social and physical characteristics, urban planning strategies, ground works and public water policies (Panagopoulos et al., 2012). Drinking and household water is a growing problem especially in Turkey. The lack of water management plans may lead to increased problems of drinking water drought (Metz et al.,



2007). The water management is necessary when predicting the present and future local water demands. Furthermore, urban water demands and the construction of the water supply and distribution system (rain drainage, sewage etc.) are necessary in development planning of city (Cihakova, 2006). Estimation and management of water resources are really important because of the limited amount of fresh water in the world. The water management is necessary when predicting the present and future local water demands. Poorly managed water resources can cause water scarcity and water crisis which may lead to regional social and economic crisis. Water resources management can be also define as closely relationship between river basin management and water resources planning. For the river management vital priority can be define as watershed management. Therefore, basin and river management systems including hydrological modeling has become a very important issue in Turkey (Günal, 2015). Mathematical models are widely used in the engineering problems to reflect what is in reality and give solutions by using advanced computer technology. Because of this, modeling is the most powerful tool while solving engineering problems. Hydrological models give more realistic solutions due to the latest development in technology. They are very beneficial, however in reality most of them have many parameters and those parameters must be adjusted for good simulation (Günal, 2015). With gradual availability of any data and increased computer (software) power, most of the recent hydrological analyses make use of GIS (Geographic Information System) as the main methodological approach to analysis for developing accurate solutions (Kaptan, 2008). Also there is a strong emphasis on using GIS in basin, precipitation analysis. This is done to reduce cost, time and errors and GIS is effective in producing hydrological response zone (Watson et al., 2017). The benefits associated with the use of GIS in the hydrologic analysis include the improved accuracy, less duplication, easier map storage, more flexibility, ease in data sharing, timeliness, greater efficiency and higher product complexity (Elmahdy and Mostafa, 2013). Estimations using Digital Elevation Models (DEM) and raster operations to generate rainfall maps (Kang, 2008). Digital Elevation Model (DEM) is a continuous surface of the elevation from which terrain attributes (slope, aspect, curvature, topographic index, drainage area and network) are extracted (Mukherjee et al., 2013). For analysis of precipitation, Spatial analysis toolbox is necessary which can be used in ArcGIS. IDW (Inverse Distance Weighting) and Kriging Interpolation are one of the way for generating the rainfall maps. By comparing these two methods, it is tried to determine the method that gives more accurate result when missing data is encountered.

## METHODS

Inverse Distance Weighting (IDW) and Kriging Interpolation Method were modeling in this study in order to estimate the long term rainfall of study area and its close region. The aim of this step is to compare Inverse Distance Weighted (IDW) and Ordinary Kriging (OK) methods based on error estimation in rainfall distribution. Ordinary Kriging and IDW methods were utilized in estimation in order to generating the precipitation map of Turkey. IDW and Kriging methods are used with ArcGIS spatial toolbox which is cbs software.

### **Inverse Distance Weighting- IDW**

IDW is one of the most common techniques for interpolation of scatter points. IDW has a fundamental assumption that the interpolating surface should be influenced most by the nearby points and less by the more distant points. The interpolating surface is a weighted



average of the scatter points, and the weight assigned to each scatter point diminishes as the distance from the interpolation point to the scatter point increases. The values to unknown points are calculated with a weighted average of the values available at the known points (Shahbeik et al., 2014).

### Ordinary Kriging Method

The Kriging method has been used for Geostatistical interpolation and has been proved to be sufficiently huge for estimating values at unsampled locations based on the sampled data (Bijanzadeh et al., 2014). Kriging is a group of geostatistical methods for interpolation of the different regional variables' values (e.g., ore element in this paper) at an unobserved location from observations of its value at nearby locations, which consist of OK, universal kriging, indicator kriging, co-kriging, and others (Bayraktar and Turalioğlu, 2005). The ordinary kriging method is one of the kriging methods, which plays an important role in interpolation and mapping precipitation data in any region. OK plays a special role because it is compatible with a stationary model, only involves the variogram, and is in fact the form of kriging that is most often used. The most popular and efficiency method types in Kriging is Ordinary Kriging. Ordinary Kriging was utilized in this study.

## RESULTS AND FINDINGS

In this study, an annual precipitation map was drawn using 236 meteorological station data in Turkey. The maps with IDW and Kriging methods are compared and the accuracy of these values are compared. In the study, 5 years of monthly precipitation data were used for 236 stations. In addition, standard deviation values of these meteorological stations are calculated. When the maps are examined, it is seen with both methods that the driest month is August and the rainy month is December.

### Comparison of Inverse Distance Weighting (IDW) and Kriging Interpolation

Figure 1 relates to the distribution of annual precipitation by Inverse Distance Weighted (IDW). Figure 2 illustrates the distribution of annual precipitation by Ordinary Kriging Interpolation (OK). The map generated by ArcGIS program for whole meteorological stations located in Turkey. All stations data is for five years (2010-2015) annually. The pixel value counted from the map for each meteorological station and according to IDW and Kriging Interpolation, standard deviation is 27,621 in August and 28,878 in December at Ordinary Kriging and 22,757 in August and 38,383 in December at IDW method. The results showed that the best model to generate rain properties map was Ordinary Kriging with spherical and models. The reason for this is the weight difference in the Kriging method. It is not only in the distance. Furthermore like real parameters, estimated values show the driest month as August (Figure 3 ; Figure 4) and the wettest one is December (Figure 5; Figure 6). The Kriging method has been shown to make the best possible estimate in the field interpolation. It is emphasized that after the Kriging method, the second best estimate is obtained from the IDW method results. Mainly in this study; it is aimed to estimate the lack of data belonging to station points and to obtain the most correct data belonging to that station. By comparing two methods, it is tried to determine the method that gives more accurate result when missing data is encountered.



## Annual Precipitation Map of Turkey (2010-2015)

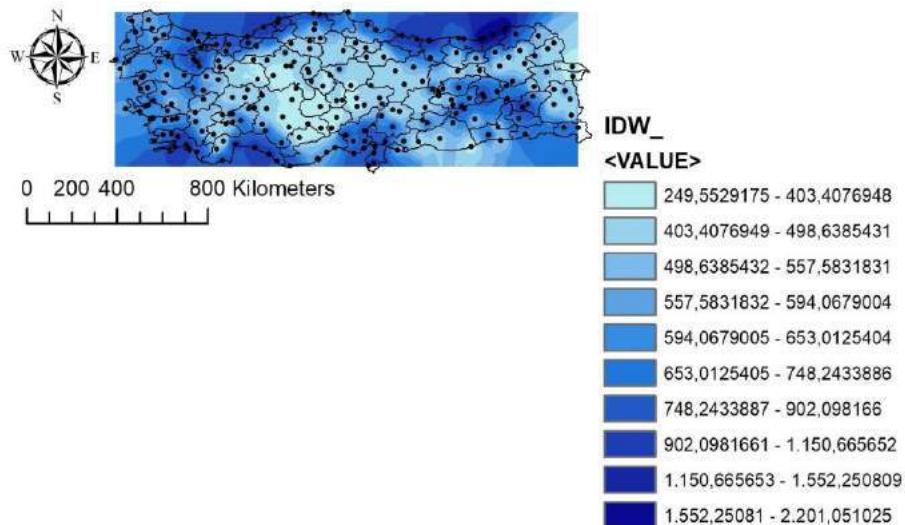


Figure 1 Annual Precipitation by Inverse Distance Weighting

## Annual Precipitation Map of Turkey (2010-2015)

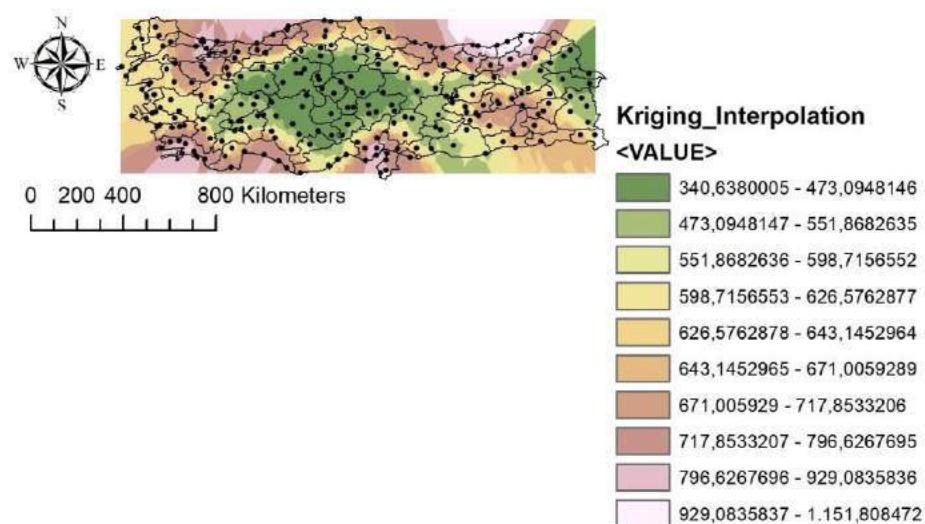


Figure 2 Annual Precipitation by Kriging Interpolation

## Precipitation map of Turkey in August by IDW

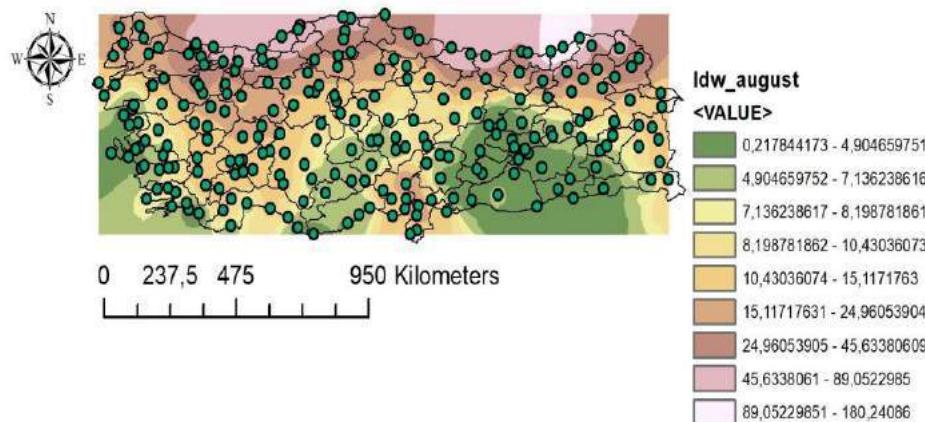


Figure 3 Monthly Precipitation by IDW

## Precipitation map of Turkey in August by Kriging

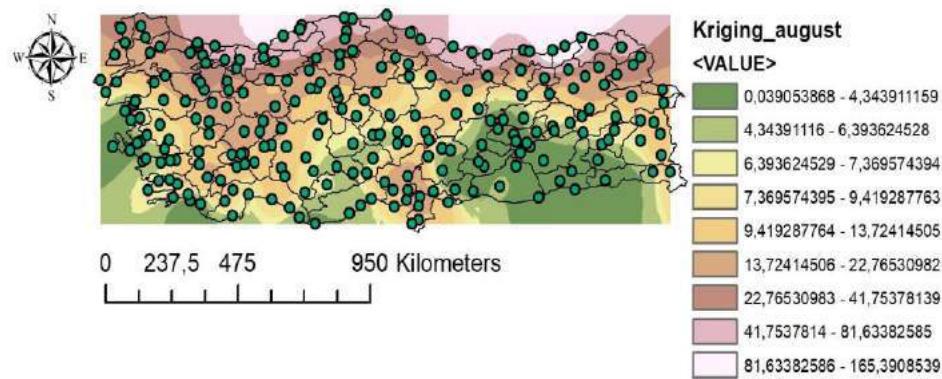


Figure 4 Monthly Precipitation by Kriging Interpolation

## Precipitation map of Turkey in December by IDW

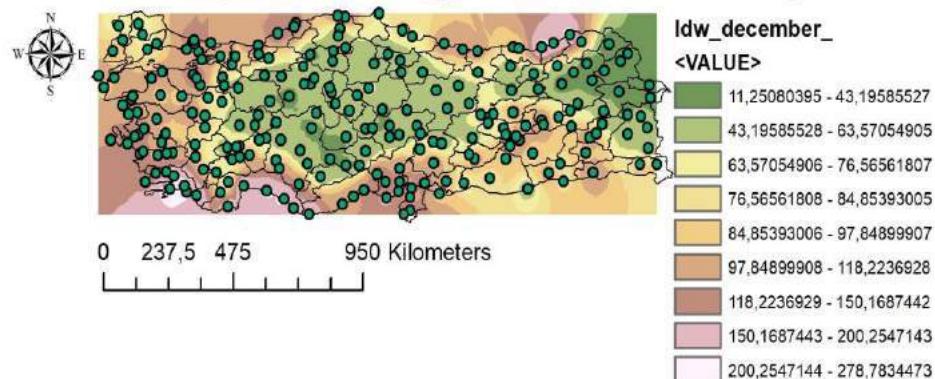
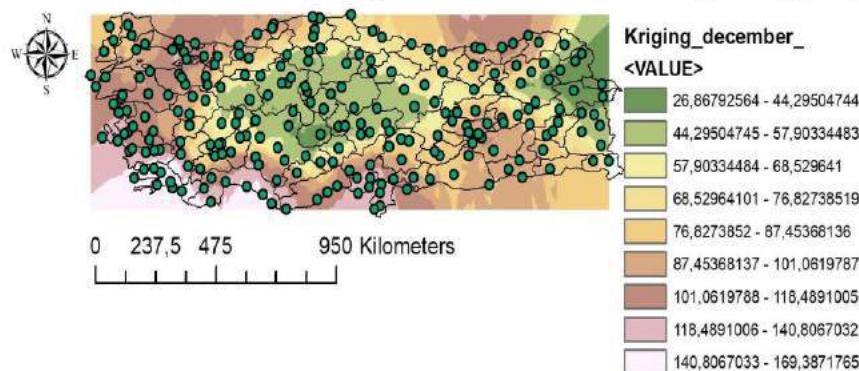


Figure 5 Monthly Precipitation by IDW

## Precipitation map of Turkey in December by Kriging



**Figure 6 Monthly Precipitation by Kriging Interpolation**

### Comparison of Real parameters and Estimations by IDW and Kriging Interpolation

In this study, maps were extracted using 236 meteorological stations. Because the actual and estimated station data is too much, one station in each region in Turkey is selected and compared.

Table 1. Real, IDW and Kriging paramaters according to driest and wettest months

STATION	AUGUST			DECEMBER		
	REAL PARAMETER	IDW	KRIGING	REAL PARAMETER	IDW	KRIGING
İSTANBUL	33,60	45,633	81,633	105,10	118,223	118,489
İZMİR	2,50	4,953	4,343	135,30	150,168	140,806
ANKARA	14,90	45,633	41,753	42,60	43,195	44,295
RİZE	176,00	180,240	165,390	245,90	278,783	140,806
ERZURUM	16,40	24,960	22,765	22,90	43,195	68,529
GAZİANTEP	2,20	4,904	4,343	94,90	97,848	118,489
ANTALYA	4,10	8,198	7,369	236,00	84,853	140,806

**Table 1** illustrates with the selected provinces in Turkey in order to estimates some parameter and generating the precipitation map. All parameters were utilized in calculations as millimeter.



## CONCLUSION

Because of having a lot of stations (236 stations) located in Turkey, 7 station were utilized in estimations. Meteorological Stations were selected randomly in 7 regions. Estimates were made by using IDW and Kriging method using mean rainfall data (2010-2015). Precipitation maps were generated with long term monthly values. The pixel value counted from the map for each meteorological station and according to IDW and Kriging Interpolation, standard deviation is 27,621 in August and 28,878 in December at Ordinary Kriging and 22,757 in August and 38,383 in December at IDW method. With IDW and Kriging methods year long-term mean and standard deviation values of the estimates are shown in Table 1. it is shown According to Table 1, Gaziantep and İzmir provinces are having best parameters when compared with real paramaters. The results showed that the best model to generate rain properties map was Ordinary Kriging with spherical and models. The reason for this, is the weight difference in the Kriging method. It is not only in the distance. Furthermore like real parameters, estimated values show the driest month as August and the wettest one is December. The Kriging method has been shown to make the best possible estimate in the field interpolation. It is emphasized that after the Kriging method, the second best estimate is obtained from the IDW method results. Mainly in this study; it is aimed to estimate the lack of data belonging to station points and to obtain the most correct data belonging to that station. By comparing two methods, it is tried to determine the method that gives more accurate result when missing data is encountered.

## REFERENCES

- Abramovitz, J.N. Sustaining freshwater ecosystems. In State of the World 1996, edited by L.R. Brown. New York: W.W. Norton and Co.
- Bayraktar , H., Turalioğlu, S. (2005) ‘A Kriging-based approach for locating a sampling site—in the assessment of air quality’, Stoch Environ Res Risk Assess, Vol. 19, pp.301–305.
- Bijanzadeh , E., Mokarram, M., Naderi, R. (2014) ‘Applying Spatial Geostatistical Analysis Models for Evaluating Variability of Soil Properties in Eastern Shiraz, Iran, Iran Agricultural Research, Vol. 33, No.2, pp.15–27.
- Cihakova, I. (2006). Expected development in the supply and distribution of drinking water in Czech Republic. *Security of Water Supply Systems*. **8**, 31-38, Prague.
- Gunal, A.Y., Guven, A. (2015). Determination of Geomorphological Parameters of Damlica Basin Using GIS. ACTA Polonica A, 128, pp.222-224.
- İstanbulluoğlu, A., Konukcu, F., Kocaman, İ. and Göçmen, E. (2007). Determination of drinking water usage requirement in Trakya Region. *Journal of Agricultural Faculty, Tekirdağ*, **4**, 187-194.
- Kang-Tsung Chang. 2008. Introduction to Geographic Information Systems. Fourth edition. McGraw-Hill International Edition.
- Lean, G; Hinrichsen, D. 1994. Atlas of the environment. N. Y., Harper Perennial, p.57-70.



Metz, B., Davidson O.R., Bosch P.R., Dave, R., Meyer, L.A. (2007). Mitigation Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. 1, 1-8.

Mukherjee, S., Mukherjee, S., Garg, R.D., Bhardwaj, A., Raju, P.L.N., 2013a. Evaluation of topographic index in relation to terrain roughness and DEM grid spacing. Journal of Earth System Science 122 (3), 869-886.

Panagopoulos A., Kassapi K.A., Arampatzis G., Perleros B., Drakopoulou S., Tziritis E., Chrysafi A.A. and Vrouhakis I. (2012) Assessment of chemical and quantitative status of groundwater systems in Pinios hydrological basin Greece. Proc. Int. Conf. Protection and restoration of the environment XI, Thessaloniki, pp. 511-517.

Samy Ismail Elmahdy & Mohamed Mohamed Mostafa (2013) Natural hazards susceptibility mapping in Kuala Lumpur, Malaysia: an assessment using remote sensing and geographic information system (GIS), Geomatics, Natural Hazards and Risk, 4, 71-91.

Shahbeik, Sh., Afzal, P., Moarefvand, P. and Qumarsy, M. (2014) ‘Comparison between ordinary kriging (OK) and inverse distance weighted (IDW) based on estimation error. Case study: dardevey iron ore deposit, NE Iran’, Arabian Journal of Geosciences, Vol. 7, No. 9, pp.3693–3704.

UNESCO (2000). Water report. *2000 Revision of World Population Prospects*, <http://www.un.org/apps/news/story.asp?NewsID=51526#.WbEomshJbIU>

Watson, A., Miller, J., Clercq, W. (2017). Investigating potential additional sources of groundwater flow into a defined watershed. Procedia Earth and Planetary Science. 17, 546-549.



## MEANS FOR STORING ENERGY AND THEIR THERMO-ECONOMIC COMPARISON

Ali ATES,  
Selcuk Universitesi  
aates@selcuk.edu.tr

Eyüb CANLI  
Selcuk Universitesi  
ecanli@selcuk.edu.tr

**ABSTRACT:** Energy is already stored in the universe by various means. When energy is mobilized, or in other words, converted to a secondary energy form such as heat or electricity, work must be produced; else the mobilized energy changes its form with a lesser quality. In order to store energy with a higher potential of usage, numerous proposition have been made. Considering today's distributed energy generation topography, flexible and diverse energy storage solutions are must.

This work surveys the available energy storage solutions and recent studies about them. Then a thermo-economic comparison was done in order to emphasize the strong and weak points of the offered designs and solutions. Every system has its unique features so that no system can be regarded as unnecessary or erroneous. The environmental conditions such as ambient temperature, pressure and humidity affect the storage selection. The type and intensity of the used energy also affect the selection. As a main conclusion, one can expect hybrid energy storage configuration consisting of compact and small scale individual energy storage systems will become widespread.

**Key words:** energy, storage, survey, thermo-economic comparison

### INTRODUCTION

Energy term or the word expresses potential or probability of work. Increasing molecular kinetic energy of 1 kg wood due to the reaction with air (combustion actually) can increase molecular kinetic energy of 1 liter water in a container (heating by means of the emissions of the burning wood) and this event can be given as a good example of energy conversion and how energy term can correspond to different physical forms. Same amount of water can also be heated by means of a part of metal submersed into the water while electrical current flowing in the metal increases its molecular kinetic energy. As it can be seen from above examples, the mechanisms and sources that transfer the energy quantity to water are different though the quantity transferred to the water can be same.

The essential scale of continuously moving universe is time. Work is a definition of this mentioned movement and intrinsically dependent to time. The conversion of the energy into work exhibits differences according to time. When an energy quantity is converted to work for relatively longer time, a bigger portion of the energy can be converted. In other words, the conversion efficiency is higher. Otherwise, shorter periods of time should be compensated with energy portions and these energy portions are called irreversibility. It is kind of an energy cost. Reducing irreversibility cost is dependent to work force, material and time costs. Hence an optimization work can be mentioned. Energy efficiency is a



definition that states how much of an energy quantity is converted to work or how much energy quantity is spent for irreversibility rationally. This efficiency definition is also known as efficiency of the first law of thermodynamics. There is another efficiency definition and it is known as efficiency of second law of thermodynamics. It is the ratio of the energy conversion efficiency to the ideal energy conversion efficiency in the absence of the irreversibility. Therefore there is a potential of efficiency increase of a specific type of energy source and this can be defined as the quality of the energy source. Quality of the energy actually ground the widespread debate of depleting fossil energy sources. Their quality enables consumers to perform powerful and fast applications. So called depleting energy sources actually not being depleted but being converted to low quality energy sources such as air and water. As mentioned earlier, low quality energy sources makes additional man power, material and time necessary in order to produce equal work. Energy sources that are qualified are really limited and/or intermittent as in the solar energy example. Consequently, there are studies going on in order to make energy conversion processes more efficient. Energy storage is an indispensable part of energy conversion systems.

When an energy source is mobilized or become mobilized by itself, it is desired to be stored if there is no utilization chance. There can be various reasons of inability of utilization. For instance, excess production of electricity can be experienced due to the inertia of the electricity generation systems. Similarly generated heat can become excess due to instantly changing environmental or climate conditions or waste heat can be generated as a byproduct of a process. Thus these types of energies are desired to be stored with the least quality loss. Another issue is, on the other hand, is the domestic or local small scale energy generation systems. With the existence of grid support, these systems work as they are desired. However when the grid is not accessible, storing generated or harnessed energy is very important due to two significant reasons: energy sources may have an intermittent characteristic and system capacities can't response for instant energy demand increases.

This paper surveys the energy storage alternatives via literature and stresses the thermo-economic evaluation of the alternatives. A simple thermo-economic comparison is presented for two storage options. Advantages and disadvantages changing according to the applied field are evaluated. Finally concluding remarks contain comments on the topic and some projections.

## MEANS OF ENERGY STORAGE

Energy is already stored in the universe by various means. For instance, water constituting oceans of the world has enormous amount of energy. But it has low quality considering the atmospheric conditions. A high quality energy source such as petroleum should have an energy conversion potential such as temperature difference as a consequence of combustion or voltage as a consequence of electrical current. When energy is mobilized, or in other words, converted to a secondary energy form such as heat or electricity, work must be produced; else the mobilized energy changes its form with a lesser quality. In order to store energy with a higher potential of usage, numerous proposition have been made. Energy can be stored as gravitational potential (pumping water to a tower), mechanical potential (pressurized vessels or compressed springs or flywheels etc.), chemical potential



(synthesis of methane and methanol or lead batteries etc.), heat potential (solar baths or phase changing materials), and electrical potential (such as super capacitors).

Energy storage is a topic which has been investigated intensively. Batteries that include chemical reactions to store and release electricity are the ones that come to mind in the first place. Storing heat by phase changing materials such as salts, thermo-chemical heat storage materials such as salt hydrates, capacitors and hydrogen as an energy vector can be listed as alternatives. Kleiner et al. (2017) mentioned about salt hydrates of MgSO<sub>4</sub>, ZnSO<sub>4</sub> and SrCl<sub>2</sub> as promising thermo-chemical heat storage materials for later use of energy generation. They investigated the thermal conductivity of these materials in order to provide information for the optimization of this storage method. Another important point of this type of thermal storage is emphasized by the authors that these materials store thermal energy relatively much more time comparing to salt and/or water heat storage tanks. In the proposed system schematics of Amusat et al. (2017), three different energy storage system were mentioned; i.e., Pumped Hydro Energy Storage System, Advanced Adiabatic Compressed Air Energy Storage system and Molten Salt Tank system. They investigated a sophisticated hybrid renewable energy generation system including these energy storage systems from the aspect of reliability of the field application. Allison (2017) studied the multi-objective control of a system containing solar energy electricity conversion system with the aid of an electrical battery unit. The author stresses the importance of complex control systems and the need of energy storage systems, in particular, batteries. Steam, water and oil are all used in a single integrated combined power system as a heat storage sub system in the paper of Hu et al. (2017). Chong et al. (2016) tried to attract attention to another important part of energy storing efforts for renewable energy systems. The life span of these aforementioned energy storage systems were reported to be short by the authors due to the irregular output of the renewable energy systems. They proposed hybrid energy storage systems and decision matrixes. An interesting report was provided by Nojavan et al. (2017) about utilization of electrolyzer, hydrogen and fuel cell as a renewable energy storage system. They evaluated variables such as intermittent characteristics of renewable energy sources, market prices, demand change and etc.

Hydrogen is an important material not only for energy systems but also for any industrial applications as a raw material. Hydrogen should not be regarded as an energy source because it cannot be found freely in the nature. Instead, hydrogen exists as part of other compounds. Generated energy can be used to break these bonds and released hydrogen that has a high reaction potential can be stored for later use. It can be used by combustion or by fuel cells. Another type of utilization is the bonding with carbon atoms. By this way, methane and methanol can be synthesis and carbon dioxide also can be captured in order to lower its impact on the environment. When hydrogen containing molecules are synthesized, the densities increase and therefore required pumping work decreases. It leads to desired flexibility for energy storage and transportation. The important point here is the strength of the bonds between atoms of the synthesized molecules should be relatively weaker so that oxygen can react with hydrogen when sufficient activation energy is presented. So hydrogen is generally regarded as an energy vector or in other words energy cycle fluid. Therefore it is an important candidate for energy transportation and energy storage with relatively lower energy losses. Energy generated and desired to be transported in North Africa is a good example for this task. In this sense, hydrogen is particularly important than local energy storage systems such as water potential energy storage



systems. Hydrogen bond to carbon can be stored easily compared to pure hydrogen. This is due to the size of hydrogen atoms. Pure hydrogen can escape almost any storage. The only reason of pure hydrogen storage systems is their structure that slows down the movement of hydrogen atoms. Whether hydrogen is stored in its pure form or bond to carbon or other matter, there are a lot of researches going on about the topic. Four main methods for storing hydrogen can be mentioned here. The first one is the natural storing in caves and similar voids in the ground. Since diffusion of hydrogen in the ground is relatively slow and there is no hazardous effect, this is a favorable solution when short term storage is needed to damp excess or insufficient production. There is a remarkable study of Bai et al. (2014) about the underground storage possibilities of hydrogen. Authors summarized the opportunities and the works going on all around the world and they also give local information. They exemplify some underground depots such as depleted reservoirs, aquifers, salt caverns and excavated caverns. The second method is the pressurized depots or in other words pressurizing. This solution is for smaller systems such as vehicles or small electrolysis units. Ali et al. (2016) utilized Matlab Simulink software similar to the present work and considered the pressurized hydrogen storage in their model. They also made an examination for the possible leakages and concluded that their model is proper for relatively lower pressures. The third one is the metal hydride hydrogen storages. Hydrogen is contained in the crystal lattice structures in a stable manner in this solution. One of the mines used for metal hydrides is the boron mineral and it is abundant in Turkey. However metal hydride hydrogen storage is still expensive for certain applications. The topic is particularly attracting attention because of the quasi-infinite possibilities in material research. A solid state hydrogen storage tank based on complex hydrides and to fully integrate it with a High Temperature Proton Exchange Membrane fuel cell stack objective was asserted by Baricco et al. (2017). A mixed lithium amide/magnesium hydride system was used as the main storage material for the tank by the authors and it was equipped with a high temperature PEM fuel cell. It is said that the storage system cooperates with the high temperatures and can release hydrogen with relatively low temperatures, that is 170 °C. An extensive literature review was conducted by Yu et al. (2017) and it is very useful for this content. They look for the recent advances and remaining challenges for the hydrogen storage and consider the nano-materials in respect of the improvement. Reader can find information about metal hydrides for the hydrogen storage as well as molecular hydrogen storage and chemical hydrogen storage. Another comprehensive review was reported by Kumar et al. (2017) about vanadium based hydrogen storage material. They suggested that vanadium is a good alternative for the metal hydride hydrogen storage materials. Other superior properties can be given as high hydrogen solubility and diffusivity in the material at nominal temperature and pressure conditions. The last one is the chemical fuel synthesis though these produced fuels cause exhaust emissions similar to their fossil fuel counterparts. An example is to convert hydrogen with carbon dioxide to methanol and higher alcohols (Nieskens et al., 2011). A fixed bed reactor was used for the conversion reaction and 3 times the H<sub>2</sub> is mentioned to be needed for one unit of CO<sub>2</sub> to reach significant levels of conversion. 470-530 K and 5-19 MPa are reported to be the convenient intervals for the conversion of hydrogen and carbon dioxide to methanol (Ostrovskii, 2002).

## THERMO-ECONOMIC COMPARISON



Thermodynamics deal with interactions of work, energy and time while economy, in this aspect, deals with time and money. A thermo-economic analysis should compare alternatives in respect of their thermodynamic performance and economic performance separately and then evaluate the results together. The order should be thermodynamic analysis first and economic analysis following it because economy depends on costs of the application which are determined considering the quantities calculated by the thermodynamic analysis.

Thermo-economic analysis is important because there are a lot of options of energy storage and decision making needs criteria. A single type of energy storage cannot come forth and become superior comparing to other alternatives due to different needs of the applications. Especially hybrid energy storage solutions containing more than one type of storage option leads to dynamic control of the system according to the instant values of the energy generation, distribution and consumption. Distributed small scale energy generators are another reason of thermo-economic analysis. They are very dependent to the grid and they should protect themselves of surcharges by energy storages.

The proposed steps of thermo-economic analysis are given below:

1. Determination of instant energy generation and/or consumption amount
2. Determination of accumulated (total) energy generation and/or consumption amount
3. Determination of average energy generation and/or consumption rate
4. Selecting proper energy storage candidates that corresponds to the temporal and spatial performance needs of the energy system
5. Determination of the energy conversion efficiency of the alternatives
6. Investigating the possible energy efficiency improvement possibilities
7. Determination of the initial installation cost of the alternatives
8. Determination of the operational cost of the alternatives
9. Determination of the waste values of the alternatives
10. Determination of the periodic gains of the alternatives
11. Calculating the basic payback period of the alternatives
12. Calculating net present value of the alternatives

Since above steps can be viewed as they may yield a single decision, various usage scenarios or setting some inputs as variable parameters such as periodic gains, will change the approach to a criteria making mechanism. Of course design is not enough for an engineering system and system should be monitored by a data acquisition approach and a data reduction approach. Some details are given in latter part of this section.

There are also limitations of the regulations due to environmental concerns or governmental possessions. These limitations are considering emissions and waste products of the systems. Some additional measures can be taken due to governmental decisions sourcing from efficiency of second law of thermodynamics. These additional measures are for protecting valuable resources from inefficient utilization.

Equation (1) is a general statement of first law of thermodynamics. Equation (2) is the thermal efficiency and (3) is the second law efficiency.

$$Q - W = \Delta E \quad (1)$$



$$\eta_I = \frac{W}{E} \quad (2)$$

$$\eta_U = \frac{\eta_I}{\eta_{tr}} \quad (3)$$

Where W stands for work, Q is the transferred heat and E is the energy in various forms.  $\eta$  is a symbol of efficiency. These quantities can be expressed according to unit time, mass, mass flow rate and etc. Data acquisition and reduction is another important aspect of thermo-economic analysis. Once data are collected, statistical evaluation should be performed. Some well known tools are arithmetical mean (4), time averaging (5), mass weighted averaging (6), median (7) and standard deviation (8).

$$ArithmeticalMean = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (4)$$

$$TimeAveraging = \frac{\sum_{i=1}^n (t_i x_i)}{\sum_{i=1}^n t_i} \quad (5)$$

$$MassWeightedAveraging = \frac{\sum_{i=1}^n (w_i x_i)}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (6)$$

$$\text{If total number is odd then } Median = \left( \frac{n+1}{n} \right) \text{ and if even then } Median = \left( \frac{\frac{n}{2} + \left( \frac{n}{2} + 1 \right)}{2} \right) \quad (7)$$

$$StandardDeviation = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (8)$$

Sometimes interpolation or extrapolation should be done in order to constitute a control mechanism. Regression is a useful tool for this need. Once the regression equation is obtained, one should check the correlation coefficient and root mean square (RMS) of the regression results according to actual data. (9) gives the RMS formula and (10) presents the correlation coefficient formula. Determination coefficient can also be calculated by simply taking the square of (10).

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_{measured,i} - y_{regression,i})^2} \quad (9)$$

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (10)$$



After above calculation and data evaluation steps are completed, reduced data can be used in economical analysis. The first equation that should be considered is the basic payback period (11 and 12). (11) is for a gain on regular periodical interval basis. (12) is for a gain flow on irregular basis. Here A is the last period in which there is still dept left; B is the absolute value of the dept mentioned in A and C is the gain after period A.

$$\text{BasicPayback} = \frac{\text{InitialCost}}{\text{PeriodicalGain}} \quad (11)$$

$$\text{BasicPayback} = A + \frac{B}{C} \quad (12)$$

Basic payback period is a simple but effective equation. It is ideal to have an idea rapidly. However it doesn't consider time cost of the money. It is also insufficient for situations such as complex money flow and etc. The life of the investment and waste value of the investment are also not considered. Discounted Payback Period (DPP) is proposed in order to add time cost of the money to consideration (13).  $i$  is the estimated interest rate while  $n$  is the payment period. Explanations of (14) are same with (12).

$$\text{DiscountedCashFlow} = \frac{\text{ActualCashFlow}}{(1+i)^n} \quad (13)$$

$$DPP = A + \frac{B}{C} \quad (14)$$

Another important approach is the Net Present Value (NPV) of an investment. If an investment today has a certain amount of price, future costs and gains can be reduced to present day and the total can be evaluated considering present currencies and values. NPV is presented in (15). Here  $R$  is the periodical cash flow (Gain),  $i$  is the rate of return,  $n$  is the number of periods that the investment produce gain. If the cash flow or gain is not regularly flowing or in other words it is changing from period to period, which is most probably for several cases, then (16) can be written for NPV. Positive values of NPV indicate that the investment is a positive act. The weak point of this approach is that the approach has estimated terms.

$$NPV = R \times \frac{1 - (1+i)^{-n}}{i} - \text{InitialCost} \quad (15)$$

$$NPV = \left[ \frac{R_1}{(1+i)^1} + \frac{R_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{R_n}{(1+i)^n} \right] - \text{InitialCost} \quad (16)$$

Table 1 gives information on two energy storage options. Considering a system in which electricity is generated and consumed, and considering the system consists of various system elements, a simple thermo-economic analysis is tried to be presented. The system simultaneously consumes a portion of energy it generates, however remaining generated energy would be lost if energy storage options would not be available. The stored energy then transferred by trucks and sold. Case A considers lead battery as an energy storage option and Case B considers compressed hydrogen tank as an energy storage option. Of course both options have auxiliary system components. For instance, an electrical converter, a charge control unit, an electronic control card may be used as auxiliary



components of Case A. On the other hand, again a converter, an electrical regulator, an electrolyzer, a compressor can be used as auxiliary equipment of Case B. Those all affect the initial cost and operational costs. The total energy conversion efficiencies would change. The two systems would be affected from the environmental conditions at different levels.

	Lead Battery (Case A)	Compressed Hydrogen (Case B)
<b>General Overview</b>		
Sensitiveness to environmental conditions	Low	High
Complexity	Low	High
Pollution Potential	Medium	Low
Mobility	Medium	High
Shelf Life	Low	High
Initial Cost	Low	High
Operational Cost	Low	High
<b>Assumptions</b>		
Total Energy Conversion Efficiency	Same (by regulating the initial cost)	Same (by regulating the initial cost)
Periodical Revenue due to Energy Selling ( $R$ )	Same (due to equal energy conversion efficiency)	Same (due to equal energy conversion efficiency)
$i$	0.1	0.1
Revenue Periods	Monthly	Monthly
$n$	36	36
<b>Comparison</b>		
Initial Cost	$A_i$	$B_i$
Operational Cost	$A_o$	$B_o$
Basic Payback Period	$BPP = \frac{A_i}{R - A_o}$	$BPP = \frac{B_i}{R - B_o}$
Net Present Value	$NPV = (R - A_o) \times \frac{1 - (1 + 0.1)^{-n}}{0.1} - A_i$	$NPV = (R - B_o) \times \frac{1 - (1 + 0.1)^{-n}}{0.1} - B_i$

As expected, lead battery would be preferable in thermodynamic and economic aspects for this case comparison. However it should be kept in mind that there are situations that may direct one to a certain solution. In the above comparison the ratios of initial costs and operational costs determine the decision.

## CONCLUSION

Energy storage alternatives are tried to be surveyed by means of the related literature. Thermo-economic evaluation is proposed as a key tool for decision making. A simple thermo-economic comparison is presented for two storage options. Advantages and disadvantages of the energy storage options change according to the field and specifications of the application. Final remarks and some projections are given below.



Developing renewable energy systems and automation of the energy grids leads to a distributed net of small scale energy generators. With the addition of the economical dynamics, instant decisions should be taken on whether to sell the generated energy or store it for a near future event. There are also systems away from the grid. Therefore energy storage options and alternatives are very important in order to satisfy various needs.

Future distributed energy generation and consumption need dynamic decision making via humans or artificial intelligence. Independent from the decision makers, however, thermo-economic evaluation of the energy storage options will possess value for system modeling and criteria setting. A route of analysis process similar to the present paper would be useful for the real world applicants. Various thermo-economic analysis approaches will much probably be developed by the researchers for artificial intelligence or machine learning applications such as fuzzy logic, artificial neural networks and etc.

Every system has its unique features so that no system can be regarded as unnecessary or erroneous. The environmental conditions such as ambient temperature, pressure and humidity affect the storage selection. The type and intensity of the used energy also affect the selection. As a main conclusion, one can expect hybrid energy storage configuration consisting of compact and small scale individual energy storage systems will become widespread.

## REFERENCES

- Ali, D., Gazey, R., Aklil, D., 2016, "Developing a thermally compensated electrolyzer model coupled with pressurized hydrogen storage for modeling the energy efficiency of hydrogen energy storage systems and identifying their operation performance issues", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 66, 27-37.
- Allison, J., 2017, "Robust multi-objective control of hybrid renewable microgeneration systems with energy storage", *Applied Thermal Engineering*, 114, 1498-1506.
- Amusat, O.O., Shearing, P.R., Fraga, E.S., 2017, "On the design of complex energy systems: Accounting for renewable variability in systems sizing", *Computers and Chemical Engineering*, 103, 103-115.
- Bai, M., Song, K., Sun, Y., He, M., Li, Y., Sun, J., 2014, "An overview of hydrogen underground storage technology and prospects in China", *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 124, 132-136.
- Baricco, M., Bang, M., Fichtner, M., Hauback, B., Linder, M., Luetto, C., Moretto, P., Sgroi, M., 2017, "SSH2S: Hydrogen storage in complex hydrides for an auxiliary power unit based on high temperature proton exchange membrane fuel cells", *Journal of Power Sources*, 342, 853-860.
- Chong, L.W., Wong, Y.W., Rajkumar, R.K., Rajkumar, R.K., Isa, D., 2016, "Hybrid energy storage systems and control strategies for stand-alone renewable energy power systems", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 66, 174-189.
- Hu, K., Chen, L., Chen, Q., Wang, X.H., Qi, J., Xu, F., Min, Y., 2017, "Phase-change heat storage installation in combined heat and power plants for integration of renewable energy sources into power system", *Energy*, 124, 640-651.
- Kleiner, F., Posern, K., Osburg, A., 2017, "Thermal conductivity of selected salt hydrates for thermochemical solar heat storage applications measured by the light flash method", *Applied Thermal Engineering*, 113, 1189-1193.



- Kumar, S., Jain, A., Ichikawa, T., Kojima, Y., Dey, G.K., 2017, "Development of vanadium based hydrogen storage material: A review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, 791-800.
- Nieskens, D.L.S., Ferrari, D., Liu, Y., Kolonko R., 2011, "The conversion of carbon dioxide and hydrogen into methanol and higher alcohols", *Catalysis Communications*, 14, 111-113.
- Nojavan, S., Zare, K., Mohammadi-Ivatloo, B., 2017, "Application of fuel cell and electrolyzer as hydrogen energy storage system in energy management of electricity energy retailer in the presence of the renewable energy sources and plug-in electric vehicles", *Energy Conversion and Management*, 136, 404-417.
- Ostrovskii, V.E., 2002, "Mechanisms of methanol synthesis from hydrogen and carbon oxides at Cu–Zn-containing catalysts in the context of some fundamental problems of heterogeneous catalysis", *Catalysis Today*, 77, 141-160.
- Yu, X., Tang, Z., Sun, D., Ouyang, L., Zhu, M., 2017, "Recent advances and remaining challenges of nanostructured materials for hydrogen storage applications", *Progress in Materials Science*, 88, 1-47.



## A TEST AND ILLUSTRATION CHAMBER FOR RENEWABLES: DESIGN AND APPLICATION

Eyüb CANLI  
Selcuk Universitesi  
ecanli@selcuk.edu.tr

Ali ATEŞ  
Selcuk Universitesi  
aates@selcuk.edu.tr

**ABSTRACT:** Renewable energy sources and systems harnessing energy from these sources are very popular today. Although lots of things have been said, things that are known in depth are very limited for most of the people. Experimental teaching is a powerful tool in order to create and boost awareness while the instruments can also be used in order to conduct research and examination. A modular renewable energy test and validation center was designed in 2015. With the aid of a governmental financial support, the design was partly established. Here, the components of the establishment are introduced, the procedure and operation are explained, system is compared to the counterparts from the globe and future opportunities are highlighted. Currently a 5 kWe photovoltaic system, a 5 kWe wind turbine bundle, a 5kW solar thermal panel system, a 5 kW heat pump system are operational in the field. Studies are going on for a 5 kWe stirling dish. There are a crane system and four modular mobile volumes for volume simulations. The work scenarios and related standards and documentation are evaluated. It can be concluded that the presented facility is a gain for domestic and national levels though there are things to do for better results.

**Key words:** energy, illustration, modular, renewable, validation

### INTRODUCTION

One of the highest costs in human life in terms of money and time is the cost of energy. Various works needed by humans are mostly done by machines and systems in an increasing manner and they consume energy. The society which has sources of energy faces less trouble in maintaining its life. Therefore societies focus on energy topic and its sustainable handling.

Energy is a technical topic. Scientists and engineers are key elements as skilled and qualified personnel. Therefore education of such personnel shapes the ability to handle energy issue. However growing numbers of technical schools, vast amount of information that is hard to classify in the internet, growing numbers of student candidates, insufficient funds dedicated to the education and some other reasons make the necessary form of education impossible or in other words hard to attain. A specific challenge is the application of the theoretical knowledge. Theoretical education is relatively less cost yielding and aforementioned challenges limit the money and time spent on education. Hence application opportunities of the theoretical education are limited and should be done efficiently.



Renewable energy is a must of long-term sustainable life. A lot of things have been said about it and it is generally a well known issue now. However the tools, devices, systems and theory need expertise and qualified personnel. To obtain so, higher education has been modified and related literature has been developed, improved and introduced into the curriculums. Theory is ahead from the applied training due to aforementioned cost reasons. Things are same for Turkey and Konya.

A step forward to increased applied training and accordingly to applied renewable energy training was taken in Turkey and Konya by means of the establishment of technology faculties. These faculties were established in order to raise engineers similar to the engineering faculties but have a curriculum having more applied trainings in it. Additionally these technology faculties were given freedom to develop unique features in order to enhance applied training. For instance, a report was published by Unsacar et al. (2013) in order to explain new applications of Selcuk University Technology Faculty for applied training. Experience sharing meetings, industry engagement, trainers from the industry, industry training for one semester can be listed as the mentioned applications. The faculty is still increasing its infrastructure and a specific effort is towards renewable energy systems.

Stations, facilities, workshops, laboratories and similar establishments are key elements of applied training and renewable energy topic is no exception. Energy harnessing parts, energy storage, system monitoring, measurement and data reduction, performance assessment and thermo-economic evaluation steps can be trained on experimental and demonstrational setups. Each renewable energy branch has deep theory however basics are not sufficient for an initial training to be done with a single training setup for a single type of renewable energy. Multiple energy setups for multiple types of renewable energy resources are essential and preferable. These setups can also be used for research and documentation despite their simple design since they are dependent to environmental conditions and basic comparison can be undertaken. Therefore three main features become prominent for such an investment: 1. Applied training of students; 2. Research facility for renewables and 3. Measurement and assessment opportunities for documentation of commercial systems...

Some recent studies about the present extent in the literature are summarized subsequently. Acikgoz (2011) evaluate the renewable energy in terms of global and domestic perspectives and then focus on the training subject related to the renewable. The motivation concept is emphasized by the author and means of directing students for the renewables topic is discussed by the author. It is a relatively short report and mostly based on personal experience. The situation in the world is briefly explained and then Turkey is viewed. Four evaluations are given by the author and in the last one, author suggest more suitable experiments and face to face trainings on application site. Another study about Turkish renewable energy education is reported by Karabulut et al. (2011) with more quantitative information. Authors applied a multiple choice survey to several universities of Turkey. As an interesting result, three renewable energy resource; solar, wind and geothermal are thought in master's level. However this output should be justified with written documents of the institutions not only by survey and the survey should be widened to make a general statement at least for Turkey. They described the Turkish university level of renewables education insufficient and underline the applied training deficiency. In a more recent work, Kacan (2015) mentioned awareness issue in renewable energy topic



for vocational and technical education. The author applied a survey for five different groups in vocational and technical schools in Turkey. No significant difference is reported in genders but a significant difference is reported between parents and students. Finally a specialized vocational division in schools was proposed in order to satisfy the related labor force in Turkey. Melikoglu (2016) indicates that 2023 targets of Turkish energy sector approximately needs a total of 110 Billion USD which is also correspond to 90% of the country's energy spending till 2023. The author estimates a slight delay in the targets and stressed that Turkey must act fast to undertake necessary action in finance and technical infrastructure. The author also noted the milestones in nuclear and renewable energies in Turkey and an important part of these milestones are related to the applied and theoretical training institutes. Guven and Sulun (2017) recently stated that awareness level of pre-service education teachers is positive for Mugla city of Turkey. This result was drawn again from a survey for mentioned teachers. This result is a domestic and local one and not representative for Turkey, however it still gives an idea.

Parallel to the Turkey, there are studies going on at worldwide level since the development of the topic is recent. Kandpal and Garg (1999) reported renewable energy education in India for technicians. They presented the curriculum available at that time and proposed theirs. The proposed curriculum has designs of experiments and outdoor activities. Jennings (2009) reviewed new directions in renewable energy education. The author mentioned about an urgent need to develop and implement new courses that prepare engineers, scientists and energy planners to work with renewables to produce sustainable energy generation systems. It is interesting to see that applied training is not mentioned though many aspects of the education are discussed. Kandpal and Broman (2014) investigated the status of the global renewable energy education. They reported a comprehensive literature review of 25 pages and 376 references. The authors stated that the curriculums should contain applications intrinsically. Colenbrander et al. (2015) touched another field of renewable education and research; the doctoral programs. They focused their investigation in sub-Saharan Africa. They underlined the infrastructural problems and mentioned about applied training in several sections. Ittipongse and Sridam (2015) give information about cyber laboratory concept and laboratory learning. This alternative approach to applied training can be inspiring. Alawin et al. (2016) reported poor awareness about renewables and their applications in Jordan for engineering schools. Sahovic and Silva (2016) stressed the need of education through public mass and technical tours for training and observation of applied renewable energies. They take these into consideration in respect of renewable energy and community. Ocetkiewicz et al. (2017) summarized the Polish experience of renewable energy education. They assessed teachers and faced a relatively negative portrait.

There are also more relevant works considering the presented applied renewable energy training facility. For instance Friman (2017) presented an applied research laboratory dedicated to photovoltaics tests and some other power electronics and also reviewed the new trends in the higher education in respect of renewable energy. Electrical engineering departments are also involved in renewable energy resources because these energy resources have an intermittent structure and this puts a load on the electrical grid. Therefore applied training and research of renewable energy in electrical engineering education is important. Work of Friman (2017) is important in this respect. The laboratory mentioned in the paper is well organized and equipped, containing state of art devices such as: photovoltaic energy systems, smart grid telecommunications, wind and water energy



work stations and power electronics. Experimental teaching is emphasized by the author. Bonk et al. (2017) describe a design work of a 1 kW organic rankine cycle, which is also in the design of the applied training facility that is mentioned in the current work, for teaching and research issues. With detailed schematics and considered scroll expander, an informative report of the authors faces the reader. This work is also an evidence of common struggle around the world by the educational institutions in order to design and build educational tools for renewable energy types and these devices and setups also have a potential of small scale research.

Present work exhibits a facility design that can be used for applied training of renewable energy systems and reports the current status of the application. The design consists of seven renewable and alternative energy systems which are photovoltaics, solar thermal panels, wind turbines, organic rankine cycle, gas turbine for biomass, stirling engine for biomass and heat pump systems. Currently a 5 kWe photovoltaic system, a 5 kWe wind turbine bundle, a 5kW solar thermal panel system, a 5 kW heat pump system are operational in the field. The extent, opportunities and projections are discussed in following.

## THE DESIGN

There are financial grants of governments and/or other social institutions for renewable energy systems in national and Europe level. Mevlana Development Agency (MEVKA - Mevlana Kalkınma Ajansı) is an institution grounded by Turkey and it operates similar to the development agencies of Europe. But it is national and domestic. In 2015, MEVKA opened a call for nonprofit organizations and it was about renewable energy systems (code number of the call was TR52/15/YNRKG1). The total grant amount was 500,000.00 TL (about 182,000.00 Euro) and grant percentage of the total project budget was 75% for each submission. Numerous governmental bodies applied to the grant and all was about establishing a solar farm (Photovoltaic panels – PV – mostly). Selcuk University acted differently and applied for an applied training and research facility named as “Modular Test, Assessment and Validation Center of Renewable Energy Systems” (Originally: Modüler Yenilenebilir Enerji Sistemleri Deneme, Değerlendirme Ve Doğrulama Merkezi). The design section contains information of the facility design in the project submission.

Prior to the details of the facility design, the requisites of an applied training of renewable energy systems should be evaluated. One should view and experience the following points in respect of the related notions, concepts, magnitudes and theories:

1. Environmental conditions bearing the potential of renewable energy types
2. Field specifications that causes energy consumption loads such as heating or illumination
3. Proper energy conversion systems and their operation
4. Data measurement and reduction systems and methods
5. Means of system automation and control
6. Documentation and registration

Above points are all parts of an applied training facility of renewable energies and also a topic of the training. Therefore, properly established facilities with all its parts can be used as tools of education. Following design should be viewed considering the above points. Figure 1 shows the schematic layout of the applied training facility. As it can be seen from the figure, seven renewable and/or alternative energy systems were targeted. They are PV, wind turbine, gas turbine (considering biofuels such as biogas), stirling engine, organic rankine cycle, heat pump and solar thermal system. Each one was desired to be 5 kW (if it is a thermal system, thermal output was desired to be 5 kW maximum and if it is an electrical system, electrical output was desired to be 5 kW maximum). Each energy conversion system was desired to have their internal measurement system in a way that the performance of the system can be calculated. For instance, the photovoltaic system would measure the solar radiation (both direct and diffuse) and electrical current output. Again these quantities would be volumetric flow rate, input and output temperature and pressure values for the heat pump in addition to ambient temperature, pressure and humidity. All systems were desired to be controlled by a main automation and control system which also would measure additional quantities and collect data from individual systems. This main control system would have data reduction algorithms and register instant and average data during operation. The main control system would be equipped with an electrical regulator which could be used in order to supply a household electrical current after collecting various types of electrical currents. Modular volume was designed as its volume can be reduced and increased. 20 feet container type modular houses were planned to be purchased for modular volume and a crane system was thought to be used in order to change the volume and the layout. By this way, the heat and electrical loads would be changed and house consumption or any other types of consumptions would be simulated.

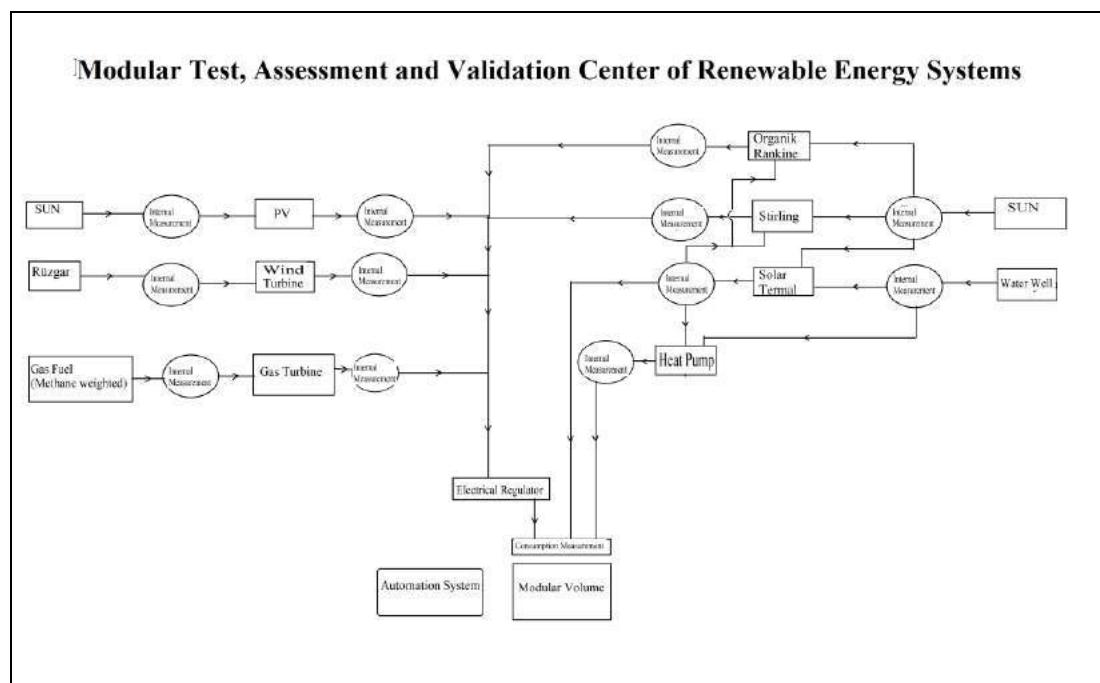


Figure 1. Schematic layout of the applied training facility

Numerous personnel were assigned as project personnel by the university and a work plan was put in application. Generally it was planned to make a comprehensive theoretical study first and then to conduct a market survey to collect offers. After installations would be



supervised and documentation would be prepared during this task, target groups would be carried to the training facility and impacts would be measured.

Project proposal was applied in 2015 and project contract was signed between Selcuk University and MEVKA in August 2015 with the project number of TR52/15/YNRKG1/0022.

## THE APPLICATION

After the contract was signed, several and severe events were occurred in Turkey. Alongside these events, the foreign currencies such as USD and Euro increased sharply. The events can be exemplified as change of the project coordinator (left the university), the national level of election, rectoral election of the university, assignment of the new rector of the university and its crowded initial agenda, assignment of the new projet coordinator, military coup attempt and such. Therefore realization of the project faced some difficulties and two renewable energy systems could not be purchased and established. Remaining systems were established though and they are operational. Of course there are still things to do however it is believed that the facility will be improved and enhanced in the future by means of financial supports of the university and other governmental bodies.

Currently a 5 kWe photovoltaic system, a 5 kWe wind turbine bundle, a 5kW solar thermal panel system, a 5 kW heat pump system are operational in the field. PV system is consist of 20 panels, an inverter that converts DC current to AC current and regulates it, a group of gel batteries that correspond to 55 VDC. Three wind turbines exceeding 5 kWe maximum output are three blades horizontal type wind turbines. Again gel batteries were used for the wind turbines and voltage of the gel battery group is 55 VDC. Solar thermal system has much less panel number (three) in order to reach the 5 kW heat output. The thermal reservoir of the solar thermal system and the thermal reservoir of the heat pump were located in a container house. The heat pump panel is also in the same container. Air type heat pump was purchased and established so the external unit of the heat pump was placed on the roof of the same container. The inverters and gel batteries of the PV and wind turbines were placed in one container but it is different from the container that contains thermal units. Since wind turbines produces AC current, batteries cannot store it without converter setups. Therefore additional AC/DC converters used before batteries. Three converters and three data acquisition electronic circuits are equipped for three wind turbines. An album of the current state of the facility can be seen in Figure 2.



Stirling Dish



Stirling Dish construction



The crane and modular volumes

Stirling Dish construction



A view of solar panels



A close view of the volumes and the building

Figure 2. An album of the applied training facility of renewables

There are still studies going on for Stirling dish system. The construction is being tried to be improved. Currently the dish is fixed for a constant direction. In the future however, it is going to tract the solar orbit in the near future. The Stirling engine can produce up to 5 kWe and also produces heat. It has its own inverter which can pump electricity to the grid so it is a synchronized inverter. The tracking system of the Stirling dish has two axes and two DC electrical motors. There is no sensor for sun position. The tracking system moves the dish according to the geographical position of the field.

The total money invested so far is about 350,000.00 TL (about 83,000.00 Euro) which corresponds to 54% of the offered total TL budget of the project and 34% of its Euro counterpart at the project contract.

Although the training field can be established in the campus of Selcuk University, the facility was established in 2. Organized Industrial Region (2. OSB) of Konya. This is due to some reasons which are; 1. The university have a building and wide area next to the building in the heart of the OSB; 2. The technical infrastructure and staff of the building in the OSB is better than the campus; 3. The facility was not constructed only for education but also for research and validation and assessment of commercial products which can attract industry easily with a closed destination; 4. The location is very close to Science Exhibition Center of Konya and the planned campus of the planned technical university.



## EVALUATION, OPORTUNITIES AND PROJECTIONS

Present paper reports and summarizes a facility design that can be used for applied training of renewable energy systems and the current status of the application. The design consists of seven renewable and alternative energy systems which are photovoltaics, solar thermal panels, wind turbines, organic rankine cycle, gas turbine for biomass, stirling engine for biomass and heat pump systems. Currently a 5 kWe photovoltaic system, a 5 kWe wind turbine bundle, a 5kW solar thermal panel system, a 5 kW heat pump system are operational in the field. Although there are some facilities in the region and the country, the current level of availability and variety is still insufficient. Additionally there are limited work exist in the literature about design of applied training facilities including multiple types of renewables. Therefore similar work to the current paper should be motivated and supported. Since there is need of financial support and expertise, all universities and governmental bodies are welcomed to give technical and financial support. Joint research, education, training and long term monitoring can be handled with multiple groups and people. The facility is also in close proximity to the Science Center of Konya and the facility is in the 2. OSB, so there will be other opportunities for a possible visitor from universities and industry representatives of other cities and countries.

## ACKNOWLEDGEMENT

Authors would like to acknowledge the institutional efforts of Selcuk University and Mevlana Kalkinma Ajansi (Development Agency) in order to support renewable energy and related education. Also help of Kadir Dag and his company Dagsun Enerji Sistemleri to authors are greatly acknowledged.

## REFERENCES

- Acikgoz, C., (2011), Renewable energy education in Turkey, *Renewable Energy*, 36, 608-611.
- Alawin, A.A., Rahmeh, T.A., Jaber, J.O., Loubani, S., Dalu, S.A., Awad, W., & Dalabih, A., (2016), Renewable energy education in engineering schools in Jordan: Existing courses and level of awareness of senior students, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 65, 308–318.
- Bonk, C.D., Laux, C., Rödder, M., & Neef, M., (2017), Design of a 1kW organic rankine cycle for teaching and research issues, *Energy Procedia*, 129, 931-938.
- Colenbrander, S., Lovett, J., Abbo, M.S., Msigwa, C., M'Passi-Mabiala, B., & Opoku, R., (2015), Renewable energy doctoral programmes in sub-Saharan Africa: A preliminary assessment of common capacity deficits and emerging capacity-building strategies, *Energy Research & Social Science*, 5, 70–77.
- Firman, H., (2017), New trends in the higher education: Renewable energy at the faculty of electrical engineering, *Energy Procedia*, 115, 18-28.
- Guven, G., & Sulun, Y., (2017), Pre-service teachers' knowledge and awareness about renewable energy, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 663–668.
- Ittipongse, A., & Sridam, I., (2015), Influencing Cyber Laboratory Conceptual Change Through Laboratory Learning, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 197, 2539 – 2543.
- Kacan, E., (2015), Renewable energy awareness in vocational and technical education, *Renewable Energy*, 76, 126-134.
- Kandpal, T.C., & Garg, H.P., (1999), Renewable energy education for technicians/mechanics, *Renewable Energy*, 16, 1220-1224.



- Kandpal, T.C., & Broman, L., (2014), Renewable energy education: A global status review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 34, 300–324.
- Karabulut, A., Gedik, E., Kecebas, A., & Alkan, M.A., (2011), An investigation on renewable energy education at the university level in Turkey, *Renewable Energy*, 36, 1293–1297.
- Jennings, P., (2009), New directions in renewable energy education, *Renewable Energy*, 34, 435–439.
- Melikoglu, M., (2016), The role of renewables and nuclear energy in Turkey's Vision 2023 energy targets: Economic and technical scrutiny, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 1–12.
- Ocetkiewicz, I., Tomaszewska, B., & Mróz, A., (2017), Renewable energy in education for sustainable development. The Polish experience, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 92–97.
- Sahovic, N., & Silva, P.P., (2016), Community Renewable Energy - Research Perspectives -, *Energy Procedia*, 106, 46 – 58.
- Unsacar, F., Alan, S., & Canli, E., (2013), Selcuk University Technology Faculty Example as a Model Proposal for Institutionalizing University Industry Cooperation (Originally in Turkish as - Üniversite-Sanayi İşbirliğinin Kurumsallaştırılması Noktasında Bir Model Önerisi Olarak Selçuk Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Örneği), T.C. Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı 3. Sanayi Şurası Tebliği, 216-227, Ankara, Turkey.



## FACILITY LOCATION SELECTION PROBLEM: AN APPLICATION

Prof. Dr. Mete GÜNDÖĞAN, Asst. Prof. Dr. Alper ŞEKER, İlknur GÜNEŞLİ\*

Ankara Yıldırım Beyazıt University

**ABSTRACT:** The inclusion of the issues such as economical, environmental, and societal issues supports to actualize sustainable development in all stages of doing business. By doing business, location decision is an extremely complex decision making problem that evaluation process requires a plenty number of criteria that need to handle. In this study, it is aimed to identify optimum number of examination center and selecting their locations in provinces of Turkey by looking at various factors that affect both economical and societal issues in selected business. An existing business decides to establish new facilities, thus selecting a facility location for the business is a strategic and crucial decision in today's globalized and increasingly competitive environment. Furthermore, it becomes very essential in order to apply the latest and the best methods to the facility location problem without giving any harm to the environment. In this study, Analytic Hierarchy Process method will be used in order to determine optimum number of examination center and selecting their locations in provinces of Turkey by looking at various factors in respect to both economical and societal issues. By determining the optimum location, 4 different main criteria will be compared (Physical Situation of the Examination Hall, Transportation to the Examination Building, Properties of the Examination Building and Environment of the Examination Building). The focus of this study is to meet customer demands and minimize the costs arising from shipments between facilities and demand points.

**Key words:** Analytic Hierarchy Process, Location Decision, Decision Making

\*Corresponding author: İlknur GÜNEŞLİ, [ilknurgunesli@gmail.com](mailto:ilknurgunesli@gmail.com)

### 1. Introduction

In facility location selection problem, one the most important subject that has to be taken by top level managers is to select the most appropriate geographical region in order to meet the needs successfully. In order to manage successfully, it is essential to make decisions concerning for the long term. Since the criticality of the subject, the facility location selection problem must be handled by a single person. Collaborative effort of the institutions also must be thought widely. Because of the nature of the collaborative work, brain storming and mutual exchange of experience are important matters which bring the broad view of aspects to the issue. With a broad view point to AHP group decision making problem, pairwise comparison is handled in this study instead of individual decision making. With getting different answers from lots of people, beneficial and accurate results are achieved thanks to the created survey.

In this study is done in Student Selection and Placement Centre (ÖSYM) in Turkey. Examinations are done by the institution that provides service nearly everyone that wants to take education in Turkey. The problem is even more critical for this reason.

The main aim of the study is to have the most convenient examination center. Because of the importance of facility location selection problem, data collection is done by survey in the light of views of managers and personnel of the institution. With the answers of survey, the most convenient selection criteria is examined. The collected data has been analyzed by Microsoft Excel software package program. All relevant pairwise comparison has done for main criteria and sub criteria as Physical Situation of the Examination Hall, Transportation to the Examination Building, Properties of the Examination Building and Environment of



the Examination Building. As a result of this study, 4 main criteria and 22 sub criteria has been obtained as a research structure of the model.

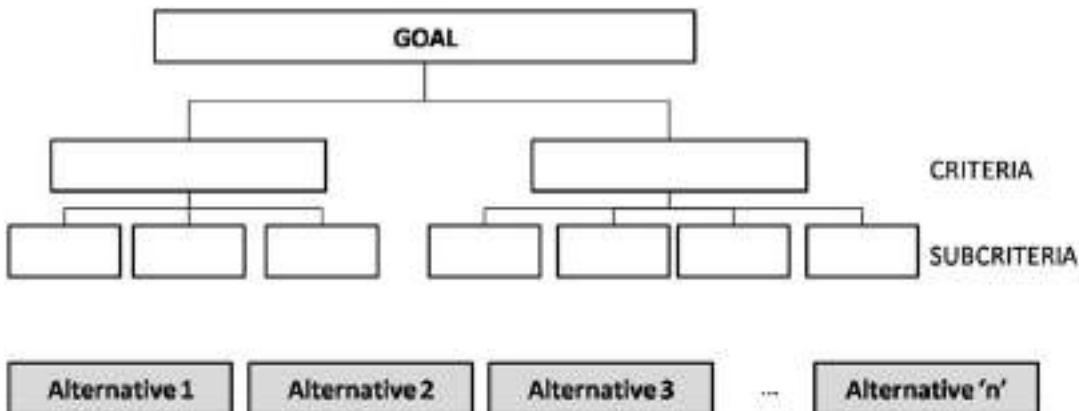
## 2. Literature Study

Analytic Hierarchy Process is developed by Thomas L. Saaty developed In 1971. In 1977, Saaty transformed the AHP into a model facilitating the solution of decision making problems (Rençber, 2010: 34.). The main aim of the AHP is to contribute the solution of the multi criteria decision making problem. The Analytical Hierarchy Process (AHP) is not only a magical solution method or model of getting a solution of multi-criteria decision making problem, but also a way of helping to the decision makers to find a “the best” answer (Forman, Selly, 2002: 14).

AHP is a strong and coherent method that gives an opportunity to combine both qualitative and quantitative factors in the decision-making process for groups and individuals (Saaty, 1990: 10). The AHP method is used decision making problems that involve one or more decision-makers with too many alternatives in environments which involves certainty or uncertainty. The method is easy to use and also giving an opportunity to make a decision as a group and individual, allowing to include the decision makers intuition and instincts to the solution process (Doğan, 2004: 9). One of the most important functions of the AHP is to have many factors in a hierarchy can be synthesized (Power, 2003:).

The AHP is a measurement theory that compares the alternatives according to a common criteria. AHP provide an essential assistance guidance to the decision maker in reaching the conclusion of multi-criteria and multi-choice problem. The problem of AHP consists of a hierarchical structure that comes from multiple levels. It is used the purpose, criteria, a hierarchical structure consisting of possible sub-criterion levels and alternatives for every problem in the Analytic Hierarchy Process, (Saaty, 1990: 9-11). It is a general method of complicated, difficult to understand or unstructured problems. It constructed three basic principles as the construction of the hierarchy, the determination of the advantages and the logical and numerical consistency (Güner, Yücel, 2007: 74).

The problem is structured in a hierarchical way in AHP problem. In Figure 1, there is a three-level hierarchical structure. At the top of the hierarchy, there is a goal. At the bottom of this goal, the criteria and alternatives are existing respectively (Felek, Yuluğkural, Aladağ, 2007: 7.).



**Source:** Saaty T.L. and, Vargas L.G., (2001), *Models, Methods, Concepts & Applications of The Analytic Hierarchy Process*, Springer, s. 3.

**Figure 1:** Three-Level Hierarchical Structure

### 3. Implementation

In this study, it has been attempted to demonstrate a scientific view with AHP method by comprising both subjective and objective components for the problem of facility location selection problem within the scope of the implementation a selection proposal has been represented with multiple criteria approach in the light of ÖSYM in order to open new examination center in Turkey.

The profile of the institution of ÖSYM has been to make examinations and serving for the whole Turkey. The vision and the mission of the institution are described as;

- Being transparent institution that conducts examinations according to the measure of right and justice and measure in the light of scientific methods and evaluation studies,
- Being 100% secure and reliable both in domestic and abroad, working with crypto and e-signature, completing the process from the examination preparation stage to the evaluation stage, automation, international information security standards for the applicant who does the appropriate and qualified examination, a high reputation in society.

#### 3.1. The scope and objective of study

The scope of the study consists of multi criteria decision making problem for selection of examination center location. The importance of facility location selection has been mentioned in the earlier parts of this study. It has also been highlighted that of the vital importance of this selection for the successful operation of ÖSYM.

The primary objective of the study in that regard; is to utilize the AHP technique for the most suitable facility location selection for ÖSYM and obtain and evaluate the most appropriate alternative examination centers that are settled on an agreement by the top managers of the institution. The decision of the opening an alternative examination center is a critical matter for not only the top managers but also the people who will have examinations in these mentioned alternative examination centers. Thus, it is essential to have the most convenient result because of the importance of the scope of the study.

Even though the AHP technique that can be utilized in the implementation in nearly most cases today, seem not to provide a decisive result, it helps to company managers in a great extent. AHP gives an opportunity to compare the most convenient examination center locations. Thanks to this comparison, it can be easier to grasp the both subjective and objective point of view when selecting among the proposed defined alternative ones.



All in all, the reason why decision makers tend to prefer AHP method is that it include pairwise comparison by looking at subjective criteria. Dealing with the subjective criteria, AHP provides not only handling overall view of the different criteria in the situation but also to helping the decision maker assess whether the issues in each level are of the same order of magnitude. Thanks to AHP method, the decision maker compares plenty of elements which are called criteria in a right way.

### 3.2. Methodology

According to the type of the study and with the help of AHP method which utilizes the both qualitative and quantitative research methods concurrently, a case study has been implemented. The implementation has done in institution that named as Student Selection and Placement Centre (ÖSYM) in Turkey.

**Table 1:** Fundamental Scale for Pairwise Comparisons

The Fundamental Scale for Pairwise Comparisons		
Intensity of Importance	Definition	Explanation
1	Equal importance	Two elements contribute equally to the objective
3	Moderate importance	Experience and judgment slightly favor one element over another
5	Strong importance	Experience and judgment strongly favor one element over another
7	Very strong importance	One element is favored very strongly over another; its dominance is demonstrated in practice
9	Extreme importance	The evidence favoring one element over another is of the highest possible order of affirmation

Intensities of 2, 4, 6, and 8 can be used to express intermediate values. Intensities 1.1, 1.2, 1.3, etc. can be used for elements that are very close in importance.

**Source:** Thomas L. Saaty, "The Analytic Hierarchy and Analytic Network Measurement Processes: Applications to Decisions Under Risk", European Journal of Pure and Applied Mathematics, Vol 1, No 1, 2008, s. 125.

In AHP, the problem that is the subject of decision making problem is divided into its components organized in a hierarchical structure. Pairwise comparisons in AHP are the basic building blocks. While making pairwise comparisons between criteria, the fundamental scale for pairwise comparisons suggested by Saaty from 1 to 9 pairwise comparison scale is used. After the hierarchy is created, pairwise comparisons of criteria are calculated. The decision maker decides to relative importance criteria according to the 1-9 scale. (Saaty, 2008: 257).

First, the target to be reached is determined in AHP. Then, criteria and, if applicable, sub criteria are determined. At the lowest level, these criteria alternatives are available. In this phase, survey study to determine all the criteria or the opinions of experts in the matter are being consulted. In this study, survey study has been chosen.

After all these determinations, the decision hierarchy is established. Then, the pairwise comparison matrices are created and wanted from decision maker to make comparisons according to his /her own opinion. Consistency ratio is calculated whether the survey is



consistent or not. If not, decision maker reviews the decision about the comparisons and provide new consistent decisions.

When the eigenvector values are calculated in the AHP method, pairwise comparisons are recorded in diagonal cells. Diagonal values are recorded as 1. When a cell demonstrated as  $x_{ij}$ , diagonal value is calculated as  $x_{ij} = (1 / x_{ji})$ . After the comparison matrices are generated, the comparison the column values for each column in the matrix divided by the sum of the normalized matrix values are obtained. By calculating the average of the line values in the normalized matrix eigenvector values (averages) are found. After all, degree of importance of the criteria are handled.

In every year, certain examinations are done by ÖSYM in scheduled days and there are many people that entering these examinations. The institution also has examination centers in several provinces of Turkey. Because of this reason, there is a requirement to manage all these examinations and also examination centers. In order to manage and decide whether opening a new facility or not, it must be constructed the alternative locations first. Since, the most suitable way to get answers from all examination centers is considered as sending survey, a survey is created, send with the upon the request of the top manager and got answers from all the examination centers.

### 3.3. Research Model

With doing relevant studies in the literature about the problem, a generic AHP method is has been used for the facility location problem. Since the study is done for real implementation, it is essential to define main criteria and sub criteria for the case. For this reason, all criteria are defined and a hierarchy line is obtained for a real implementation facility location selection in ÖSYM.

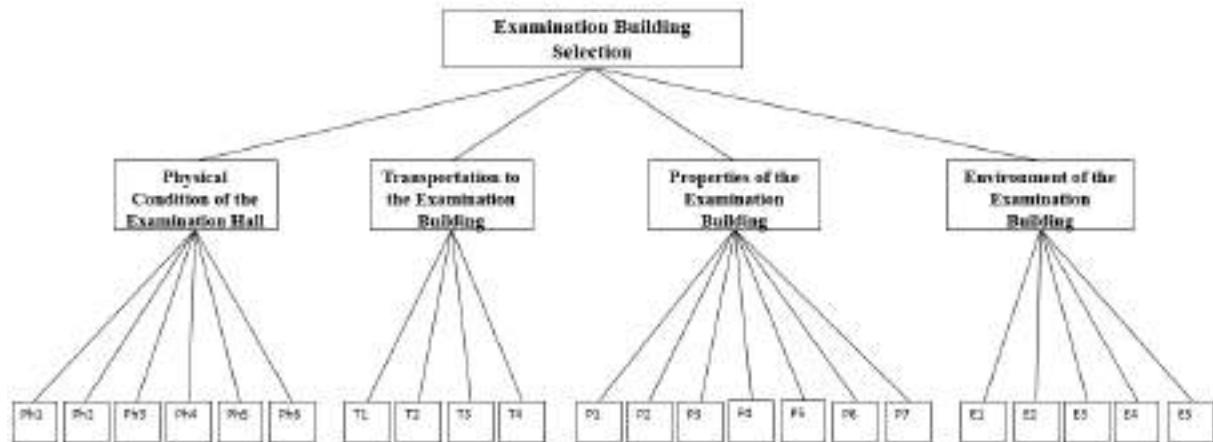
A hierarchical method has been constructed in general for facility location selection problem with main criteria and sub criteria for the subject and facility location selection problem hierarchy has been defined for ÖSYM.

As the review of aforementioned model, the main target has defined as examination building selection. Examination building selection is also called as aim or goal, as mentioned before. The main target is divided into 4 criteria as Physical Situation of the Examination Hall, Transportation to the Examination Building, Properties of the Examination Building and Environment of the Examination Building. These criteria are also divided into sub criteria in their integrity. By this way, Physical Situation of the Examination Hall consist of Light Receiving Condition of the Examination Hall (Ph1), Ventilation System of the Examination Hall (Ph2), Distance Between Desks (Ph3) and Heating and Cooling System of the Examination Hall (Ph4), Physical Situation of the Desks (Ph5) and Noise Level of the Examination Hall (Ph6).

Transportation to the Examination Building consist of Public Transportation (T1), The distance Between City Centers and Examination Building (T2), Private Transportation (T3) and Adequate Guidance Signboard (T4).

Properties of the Examination Building has been assessed with regard to Sufficiency of Parking Space (P1), Cleanliness of the Examination Hall (P2), Sufficiency of Toilet Number (P3), Sufficiency of First-aid Equipment in the building (P4), Alternative Evacuation Area in Danger (P5), Sufficiency of Entrust Area and Responsible in Charge (P6) and Having Sense of Mission About Rules (For Responsible Head Teacher and Servants) (P7). Finally, the main criteria which is called as Environment of the Examination Building has been divided into 4 sub criteria as Sufficiency of Social Opportunities (For Consumption) (E1), Safety in the Area of Examination Building (E2),

Unpleasant smell in and near the Examination Building (E3), Noise around the Examination Building (E4) and Closeness to the Health Centers in Case of Emergency (E5).



**Figure 2:** Hierarchical Structure

In this study, it is aimed to assess the most suitable facility location selection problem under four main criteria and 22 sub criteria. The aim of the study is also to have minimum cost, maximum customer satisfaction of people that enter examinations and to obtain maximum profitability for ÖSYM.

### 3.4. Analysis and Findings

In the location selection problem, it has been possible to make comparisons and calculations of AHP by forming hierarchy for critical main criteria and sub criteria for ÖSYM as seen previous figures. First, it is formed a hierarchical structure thanks to the nature of AHP. After forming, main criteria and sub criteria that take part in the hierarchy, has been compared with each other in sequential order.

Main criteria that are Physical Situation of the Examination Hall, Transportation to the Examination Building, Properties of the Examination Building and Environment of the Examination Building have been compared with each other. As mentioned before, calculations are done according to the answers of 69 surveys that include pairwise comparison in them. The calculations are done with the aid of 'Microsoft Excel' package software program. The comparisons and results that have been obtained are given in tables below. In Table 2, comparison matrix for main criteria and relevant weights which are called as degree of importance are found in the following matrix;

**Table 2:** Comparison Matrix for Main Criteria, Degree of Importance and Compatibility Rates

Comparison Matrix for Main Criteria, Degree of Importance and Compatibility Rates					
Examination Building Selection (Main Criteria)	Physical Condition of the Examination Hall	Transportation to the Examination Building	Properties of the Examination Building	Environment of the Examination Building	Degree of Importance
Physical Condition of the Examination Hall	1,000	1,028	0,414	1,550	0,208
Transportation to the Examination Building		1,000	0,434	1,438	0,203
Properties of the Examination Building			1,000	2,457	0,439



<b>Environment of the Examination Building</b>				1,000	0,151
					1,000

By analyzing the table above, the most essential criteria for selecting a new examination building for ÖSYM is rated in following sequential order; %43,9 Properties of the Examination Building, %20,8 Physical Condition of the Examination Hall, %20,3 Transportation to the Examination Building and finally %15,1 Environment of the Examination Building.

After comparing the main criteria pairwise, each sub criteria group is examined in pairwise comparison. The degree of importance of each sub criteria which are Physical Situation of the Examination Hall, Transportation to the Examination Building, Properties of the Examination Building and Environment of the Examination Building are given tables below.

**Table 3:** Comparison Matrix for Sub Criteria for ‘Physical Situation of the Examination Hall’ main criteria, degree of importance and compatibility rates

Comparison Matrix for Sub Criteria for 'Physical Situation of the Examination Hall' Main Criteria, Degree of Importance and Compatibility Rates							
Physical Situation of the Examination Hall	Light Receiving Condition of the Examination Hall	Ventilation System of the Examination Hall	Distance Between Desks	Heating and Cooling System of the Examination Hall	Physical Situation of the Desks	Noise Level of the Examination Hall	Degree of Importance
Light Receiving Condition of the Examination Hall	1,000	1,040	1,071	0,961	0,951	0,884	0,164
Ventilation System of the Examination Hall		1,000	0,832	0,832	0,815	0,838	0,147
Distance Between Desks			1,000	0,938	0,942	0,942	0,166
Heating and Cooling System of the Examination Hall				1,000	1,000	0,942	0,173
Physical Situation of the Desks					1,000	0,927	0,174
Noise Level of the Examination Hall						1,000	0,176
							1,000

In Table 3, the sub criteria 'Physical Situation of the Examination Hall' is examined in Microsoft Excel software program. Thanks to this software program, the most essential sub criteria for Physical Situation of the Examination Hall is given in sequential order as %17,6 Noise Level of the Examination Hall, %17,4 Physical Situation of the Desks, %17 Heating and Cooling System of the Examination Hall, %16,6 Distance Between Desks, %16,4 Light Receiving Condition of the Examination Hall and %14,7 Ventilation System of the Examination Hall.

**Table 4:** Comparison Matrix for Sub Criteria for ‘Transportation to the Examination Building’ main criteria, degree of importance and compatibility rates

Comparison Matrix for Sub Criteria for 'Transportation to the Examination Building' Main Criteria, Degree of Importance and Compatibility Rates					
Transportation to the Examination Building	Public Transportation	The distance Between City Centers and Examination Building	Private Transportation	Adequate Guidance Signboard	Degree of Importance



<b>Public Transportation</b>	1,000	0,895	0,361	0,385	0,146
<b>The distance Between City Centers and Examination Building</b>		1,000	0,385	1,083	0,197
<b>Private Transportation</b>			1,000	2,036	0,460
<b>Adequate Guidance Signboard</b>				1,000	0,197
					1,000

In Table 4, the sub criteria ‘Transportation to the Examination Building’ is examined in Microsoft Excel software program. Thanks to this software program, the most essential sub criteria for Physical Situation of the Examination Hall is given as %46 Private Transportation. All other criteria considered as minor importance levels.

**Table 5:** Comparison Matrix for Sub Criteria for ‘Properties of the Examination Building’ main criteria, degree of importance and compatibility rates

Comparison Matrix for Sub Criteria for 'Properties of the Examination Building' Main Criteria, Degree of Importance and Compatibility Rates								
Properties of the Examination Building	Sufficiency of Parking Space	Cleanliness of the Examination Hall	Sufficiency of Toilet Number	Sufficiency of First-aid Equipment in the building	Alternative Evacuation Area in Danger	Sufficiency of Entrust Area and Responsible in Charge	Having Sense of Mission About Rules (For Responsible Head Teacher and Servants)	Degree of Importance
Sufficiency of Parking Space	1,000	0,717	0,719	0,725	0,725	0,697	0,654	0,105
Cleanliness of the Examination Hall		1,000	1,000	0,818	1,053	1,000	0,958	0,145
Sufficiency of Toilet Number			1,000	1,041	1,020	1,000	0,958	0,149
Sufficiency of First-aid Equipment in the building				1,000	1,031	0,990	0,956	0,152
Alternative Evacuation Area in Danger					1,000	0,980	0,958	0,145
Sufficiency of Entrust Area and Responsible in Charge						1,000	0,929	0,148
Having Sense of Mission About Rules (For Responsible Head Teacher and Servants)							1,000	0,156
								1,000

In Table 5, the sub criteria ‘Properties of the Examination Building’ is examined in Microsoft Excel software program. Thanks to this software program, the most essential sub criteria for Physical Situation of the Examination Hall is given in sequential order as %15,6 Having Sense of Mission About Rules (For Responsible Head Teacher and



Servants), %14,9 Sufficiency of Toilet Number, %14,8 Sufficiency of Entrust Area and Responsible in Charge, %14,5 Cleanliness of the Examination Hall, %14,5 Alternative Evacuation Area in Danger and %10,5 Sufficiency of Parking Space.

**Table 6:** Comparison Matrix for Sub Criteria for 'Properties of the Examination Building' main criteria, degree of importance and compatibility rates

Comparison Matrix for Sub Criteria for 'Environment of the Examination Building' Main Criteria, Degree of Importance and Compatibility Rates						
Environment of the Examination Building	Sufficiency of Social Opportunities (For Consumption)	Safety in the Area of Examination Building	Unpleasant smell in and near the Examination Building	Noise around the Examination Building	Closeness to the Health Centers in Case of Emergency	Degree of Importance
Sufficiency of Social Opportunities (For Consumption)	1,000	0,304	0,293	0,263	0,307	0,068
Safety in the Area of Examination Building		1,000	1,067	0,992	1,347	0,245
Unpleasant smell in and near the Examination Building			1,000	0,917	1,379	0,243
Noise around the Examination Building				1,000	1,561	0,261
Closeness to the Health Centers in Case of Emergency					1,000	0,182
						1,000

In Table 6, the sub criteria 'Environment of the Examination Building' is examined in Microsoft Excel software program. Thanks to this software program, the most essential sub criteria for Physical Situation of the Examination Hall is given in sequential order as %26,1 Noise around the Examination Building, %24,5 Safety in the Area of Examination Building, %24,3 Unpleasant smell in and near the Examination Building, %18,2 Closeness to the Health Centers in Case of Emergency and %6,8 Sufficiency of Social Opportunities (For Consumption).

#### 4. Results and Comments

In location selection problem, one the most essential matter that has to be taken by top level managers is to select the most convenient geographical area in order to meet the needs successfully. It is not only important because of the management, but also making decisions concerning the for the long term. Because of the criticality of the subject, facility location selection problems cannot be handled by a single person. It needs collaborative effort of the institutions and can be thought widely. At this point, brain storming and mutual exchange of experience are essential issues that bring the different view of aspects to the problem. With a broad view point to AHP group decision making problem is handled in this study instead of individual decision making. With getting various answers from different people, beneficial and accurate results are achieved thanks to the constructed survey.

This study is a unique study that is implemented in Student Selection and Placement Centre (ÖSYM) in Turkey. The institution is making examinations and provide service nearly everyone that wants to take education in Turkey. The problem is even more critical for this reason.

The aim of the study is to have the most convenient examination center. Because of the importance of facility location selection problem, data collection is done by survey in the light of views of managers and personnel of the institution. Thanks to answers of survey,



the most convenient selection criteria is examined. The collected data has been analyzed by Microsoft Excel software package program. All relevant pairwise comparison has done for main criteria and sub criteria as Physical Situation of the Examination Hall, Transportation to the Examination Building, Properties of the Examination Building and Environment of the Examination Building. As a result of this study, 4 main criteria and 22 sub criteria has been obtained as a research model structure.

AHP method is used and tested scientifically in this study thanks to the findings of the problem. The optimum examination center selection problem has been assessed with a scientific approach for the institution. Since the study include pairwise comparison, alternative examination center locations have been defined.

It has been also aimed to demonstrate the present valuable information into relevant literature in the sense of application of a scientific method (AHP), and serve for the institutions or various sectors which look for giving the right decision for selecting the most convenient facility locations among other alternatives with plenty of criteria. All in all, thanks to conclude a decision with a right facility location, there have been always right services on the right locations.

## 5. References

Kahraman Cengiz, Ruan Da and Doğan İbrahim, “Fuzzy Group Decision-Making For Facility Location Selection”, Information Science, Vol 157, 2003, s.135-153.

Kodalı Rambabu and Routroy Srikanta, “Decision Framework for Selection of Facilities Location in Competitive Supply Chain”, Journal of Advanced Manufacturing Systems, Vol 5, No 1, 2006, s. 89-110.

Kuo R.J., Chi S.C., and Kao S.S., “A Decision Support System for Locating Convenience Store Through Fuzzy AHP”, Computers and Industrial Engineering, Vol 37, 1999, s. 323–326.

MacCarthy B.L. and Atthirawong W., “Factors Affecting Location Decisions in International Operations- A Delphi Study”, International Journal of Operations Production Management, Vol 23, No 7, 2003.

Wu Cheng-Ru., Lin Chin-Tsei. and Chen Huang-Chu, “Optimal Selection of Location For Taiwanese Hospitals To Ensure a Competitive Advantage By Using The Analytic Hierarchy Process And Sensitivity Analysis”, Building And Environment, Vol 42, 2007, s. 1431-1444.

Yang Jiaquin and Lee Huei, “An AHP Decision Model for Facility Location Selection”, Facilities, Vol 15, No 9-10, 1997, s. 241-254.

Zahir M.Sajjad., “Incorporating The Uncertainty of Decision Judgements in The Analytic Hierarchy Process”, European Journal of Operational Research, Vol 53, No 2, 1991, s. 206-216.



## SWITCHING SURFACE DESIGN METHODS FOR SLIDING MODE CONTROL OF UNCERTAIN SYSTEMS

Ibrahim I.I. AL-NUAIMI  
Gaziantep University  
[Abrahamishmael1992@gmail.com](mailto:Abrahamishmael1992@gmail.com)

Waleed K. S. AL-JUMAILI  
Gaziantep University  
[Eng.waleed.kha@gmail.com](mailto:Eng.waleed.kha@gmail.com)

**ABSTRACT:** One of the important steps to design sliding mode control is to design switching surface. There are many methods that have been developed. The aim of this paper is to propose and analyze two different switching surface design methods for sliding mode control of a linearized uncertain system.

The main problem to be solved is how to design the switching surface for the same system with different methods under the uncertainty conditions to attract all the state vectors to this surface and obtain the desired performance. Then it is aimed to design the sliding mode controller to enforce the states towards the designed switching surface and to remain on the manifold until reaching the equilibrium point. Two different approaches of designing switching surface are proposed here for the same system with uncertainties, the variable structure controllers are presented according to each method through the reaching condition of sliding mode.

**Key words:** Variable structure systems, sliding mode control, switching surface

### INTRODUCTION

A variable structure system is a dynamical system whose structure changes in accordance with the current value of its state. A variable structure system can be viewed as a system composed of independent structures together with a switching logic between each of the structures. A variable structure system consists of a set of continuous subsystems with a proper switching logic so that control actions are discontinuous functions of the system state, disturbances (if they are accessible for measurement) and reference input. The sliding mode became the principle operation mode in so called variable structure system.

The main subject of this paper is to give a key point to studying and understanding the variable structure control systems (VSCs) with sliding mode control (SMC). The designing of sliding mode control system is considered based on different methods to see the benefits and flexibility of each method as well as to achieve one similar performance for the same system under the uncertainty conditions. The entire idea of designing the switching surface was presented with theoretical and mathematical aspects including the simulation results for each method. At first the term of “sliding mode control” released in the context of variable-structure systems, specifically speaking relay systems, and became the principal operational mode for this class of systems. Practically all design methods for variable-structure systems are based on the deliberate introduction of sliding modes. The concept of sliding mode control appeared in the Russian literature in the late fifties. However, the vibration control of a DC generator of an aircraft by V. Kulebakin (1932) and the use of relays for controlling the course of a ship by Nikolski (1934) can also be considered as contemporary “sliding mode control”. It was Emelyanov who first observed that due to altering the structure in the course of controlling a process, the properties could be attained



which were not inherent in any of the individual structures. The survey paper by Utkin (1977) introduced this concept in the English literature. After this, the theory has been extended in various directions. The technique became popular because of its application to a wide class of systems.

## PRINCIPLE OF SLIDING MODE

Consider the following second order nonlinear system,  $n = 2$

$$\dot{x}_1 = f_1(x_1, x_2, u) \quad \dot{x}_2 = f_2(x_1, x_2, u)$$

where  $x = (x_1, x_2)^T \in \mathbb{R}^n$  is state variable. If a scalar control  $u$  is regarded, then the function  $s(x)$  is scalar as well and its points of discontinuity  $S(x) = \{x \in \mathbb{R}^n \mid s(x) = 0\}$  are a line in the state space.

When a control algorithm is designed based on

$$u = \begin{cases} u^+(x, t) & s(x) > 0 \\ u^-(x, t) & s(x) < 0 \end{cases}$$

the control input  $u(x)$  is chosen in such a way that the tangent vectors of the state trajectory are oriented toward the manifold  $S$ . After reaching the manifold  $S$ , the state is forced back onto the manifold whenever a deviation occurs. Assuming infinitely fast switching the system will move along the manifold after finite time. This motion is called sliding mode. This is the ideal movement of the system. In all practical applications the system trajectory deviates from the manifold because chattering occurs. The idea, demonstrated for the scalar control case, can easily be extended to the vector case. The principle of sliding mode is to constrain the system state to stay on a manifold on which the system will exhibit desirable features. A sliding mode control scheme forces the system state to reach the manifold  $S(x) = 0$  from any initial condition. Having reached  $S = 0$ , it ensures that the control action is capable of maintaining the system state on the manifold  $S(x) = 0$ .

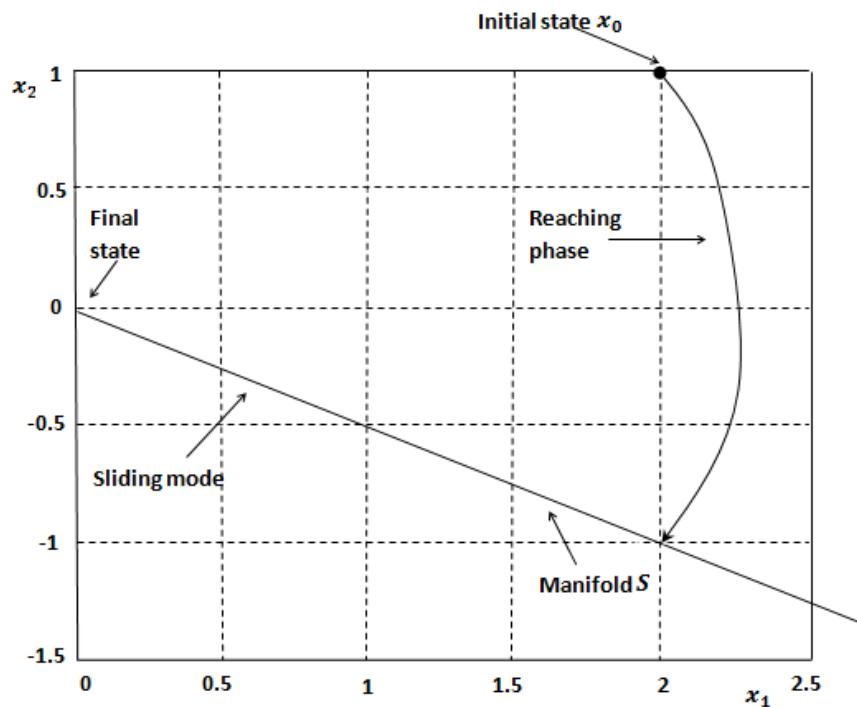


Figure 1. Phase Portrait of a 2-Dimensional System with Scalar Control Input.



## METHODS

### 1. Switching surface design based on Linear Matrix Inequality (LMI)

This section proposes a unique design method of sliding surfaces, which characterizes linear sliding surfaces in terms of LMIs.

**Example 1:** Consider the linearized inverted pendulum system described by equation (1.1), sliding mode control will be designed according to the following.

The initial states are:  $x_1(0) = -15^\circ$ ,  $x_2(0) = 0$ ,  $x_3(0) = 5$ ,  $x_4(0) = 0$

The desired states are:  $x_1(0) = 0$ ,  $x_2(0) = 0$ ,  $x_3(0) = 0$ ,  $x_4(0) = 0$

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \\ \dot{x}_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 31.5512 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -0.7171 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ -2.9268 \\ 0 \\ 0.9756 \end{bmatrix} (u + \phi) \quad (1.1)$$

$$\phi = 0.3\sin(t)$$

Designing the switching surface  $S(x)$  based on LMI as follows:

$$S(x) = Cx = B^T P x \quad (1.2)$$

Where  $P \in R^{n \times n}$  is positive matrix and  $B$  is the input matrix. To solve for the matrix  $P$ , the system controller is designed as :

$$u_t(x) = u_1(x) + u_s(x) \quad (1.3)$$

Where  $u_t(x)$  is the total controller,  $u_1(x) = -Kx$  is the linear feedback controller ( $K \in R^{1 \times 4}$ ) vector matrix and  $u_s(x)$  is the sliding controller.

Consider the following Lyapunov function:

$$V(x) = x^T P x \quad (1.4)$$

Rewriting it as:

$$V(x) = [x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4] P \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \end{bmatrix}, \quad V(x) = P(x^2_1 + x^2_2 + x^2_3 + x^2_4)$$

The derivative of  $V(x)$  is  $\dot{V}(x) = P(2x_1\dot{x}_1 + 2x_2\dot{x}_2 + 2x_3\dot{x}_3 + 2x_4\dot{x}_4)$ . Finally the time derivative of Lyapunov function is:

$$\dot{V}(x) = 2x^T P \dot{x} \quad (1.5)$$

where the closed loop system is

$$\dot{x} = Ax + Bu \quad (1.6)$$

Now substituting (1.3) in (1.6)

$$\dot{x} = Ax + B(-Kx + u_s(x)) \quad (1.7)$$

$$\dot{x} = (A - BK)x + Bu_s(x)$$

$$\dot{x} = \bar{A}x + Bu_s(x) \quad (1.8)$$

Where  $\bar{A}$  is the closed loop matrix for  $u = -Kx$  and

$$\bar{A} = A - BK \quad (1.9)$$

Now substituting (1.8) into (1.5):

$$\dot{V}(x) = 2x^T P(\bar{A}x + Bu_s(x))$$

$$\dot{V}(x) = 2x^T P\bar{A}x + 2x^T PBu_s(x) \quad (1.10)$$

When  $t \geq t_0$ , there exists  $S(x) = B^T Px = 0$ . Therefore  $s^T(x) = x^T PB = 0$ , it leads to :

$$\dot{V}(x) = 2x^T P\bar{A}x \quad (1.11)$$

$$\dot{V}(x) = x^T (P\bar{A} + \bar{A}^T P)x$$



The condition to make  $\dot{V}(x) < 0$  is

$$(P \bar{A} + \bar{A}^T P) < 0 \quad (1.12)$$

Multiplying above inequality by  $P^{-1}$

$$\bar{A} P^{-1} + P^{-1} \bar{A}^T < 0, \text{ Let } P^{-1} = X, \text{ then } \bar{A} X + X \bar{A}^T < 0$$

Now substituting (1.9) in the above inequality:

$$(A - BK)X + X(A - BK)^T < 0$$

$$AX - BKKX + XA^T - XK^T B^T < 0$$

Let  $L = KX$

$$AX - BL + XA^T - L^T B^T < 0 \quad (1.13)$$

$$P = \begin{bmatrix} 7.4496 & 1.2493 & 1.0782 & 1.1384 \\ 1.2493 & 0.3952 & 0.2108 & 0.3252 \\ 1.0782 & 0.2108 & 0.3854 & 0.2280 \\ 1.1384 & 0.3252 & 0.2280 & 0.4286 \end{bmatrix}$$

$$L = [-6.5536 \ 7.4206 \ 7.1118 \ 2.9473]$$

$$K = [-28.5276 \ -2.7968 \ -2.0888 \ -2.1625]$$

$$C = B^T P = [-2.5458 \ -0.8395 \ -0.3945 \ -0.5337]$$

Now the switching surface is:

$$S(x) = Cx = -2.5458 x_1 - 0.8395 x_2 - 0.3945 x_3 - 0.5337 x_4$$

By equating the general formula for exponential reaching law to the derivative of switching surface:

$$-\eta \operatorname{sign}(S(x)) - k s(x) = C(Ax + Bu)$$

$$-\eta \operatorname{sign}(S(x)) - k s(x) = CAx + CBu$$

Then the sliding mode controller can be obtained as :

$$u_s(x) = (-\eta \operatorname{sign}(S(x)) - k s(x) - CAx) (CB)^{-1} \quad (1.14)$$

and the linear controller is:

$$u_1(x) = -Kx \quad (1.15)$$

The total controller  $u_t(x)$  is:

$$u_t(x) = u_1(x) + u_s(x) \quad (1.16)$$

$$CB = 1.9363, \ CB^{-1} = 0.5165$$

$$CA = [-26.1032 \ -2.5458 \ 0 \ -0.3945]$$

$$\eta = 5, \ k = 2$$

$$u_1(x) = -Kx = [28.5276 x_1 + 2.7968 x_2 + 2.0888 x_3 + 2.1625 x_4]$$

$$u_s(x) = (-5 \operatorname{sign} S(x) - 25(x) + 26.1032 x_1 + 2.5458 x_2 + 0.3945 x_4) 0.5165$$

$$u_s(x) = (-2.5825 \operatorname{sign} S(x) - 1.033 S(x) + 13.48 x_1 + 1.314 x_2 + 0.203 x_4)$$

$$u_t(x) = u_1(x) + u_s(x)$$

$$u_t(x) = (42.0076 x_1 + 4.1108 x_2 + 2.0888 x_3 + 2.3655 x_4 - 2.5825 \operatorname{sign} S(x) - 1.033 S(x))$$

## 2. Switching surface design based on Ackermann's formula

This section is the design of scalar sliding mode control based on Ackermann's formula to obtain a discontinuity plane equation in explicit form as well as in terms of the original system.

**Example 2:** Consider the linearized inverted pendulum system described by equation (2.1), sliding mode control will be designed according to the following:

The initial states are:  $x_1(0) = -15^\circ, x_2(0) = 0, x_3(0) = 5, x_4(0) = 0$

The desired states are:  $x_1(0) = 0, x_2(0) = 0, x_3(0) = 0, x_4(0) = 0$

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \\ \dot{x}_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 31.5512 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -0.7171 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ -2.9268 \\ 0 \\ 0.9756 \end{bmatrix} (u + f(t)) \quad (2.1)$$

$f(t) = 0.3\sin(t)$  which is disturbance force.

Designing the switching surface  $S(x)$  based on Ackermann's as follows:

The desired eigenvalues of sliding motion are:  $[r_1 = -1, r_2 = -2, r_3 = -3]$

$$S(x) = C^T x = 0 \quad (2.2)$$

$$C^T = e^T P_1(A) \quad (2.3)$$

$$e^T = [0 \ 0 \ 0 \ 1] [B \ AB \ A^2B \ A^3B]^{-1} \quad (2.4)$$

$$P_1(A) = (A - r_1 I)(A - r_2 I)(A - r_3 I) \quad (2.5)$$

$$C^T = [0 \ 0 \ 0 \ 1] [B \ AB \ A^2B \ A^3B]^{-1} (A - r_1 I)(A - r_2 I)(A - r_3 I) \quad (2.6)$$

$$C^T = [-2.11 \ -0.46 \ -0.2 \ -0.38]$$

Now the switching surface  $S(x) = C^T x = 0$  will be:

$$S(x) = -2.11x_1 - 0.46x_2 - 0.2x_3 - 0.38x_4$$

The control law will be considered as:

$$u(x) = (CB)^{-1}(-kS(s) - \eta \text{sign } S(x) - CA_x - CBf(t)) \quad (2.7)$$

$$CB = 1, (CB)^{-1} = 1$$

$$CA = [-14.53 \ -2.11 \ 0 \ -0.2]$$

$$k = 2, \eta = 5$$

$$u(x) = (-2S(x) - 5\text{sign } S(x) - [-14.53x_1 \ -2.11x_2 \ -0.2x_4] - 0.3\sin(t))$$

## RESULTS AND FINDINGS

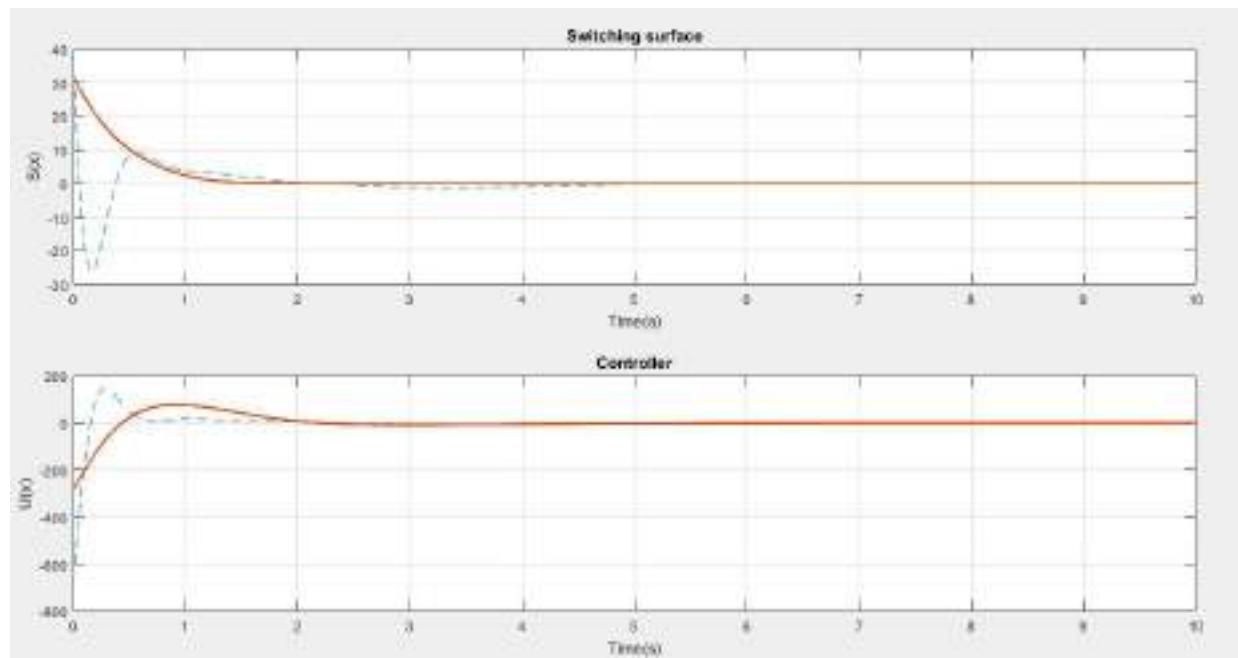
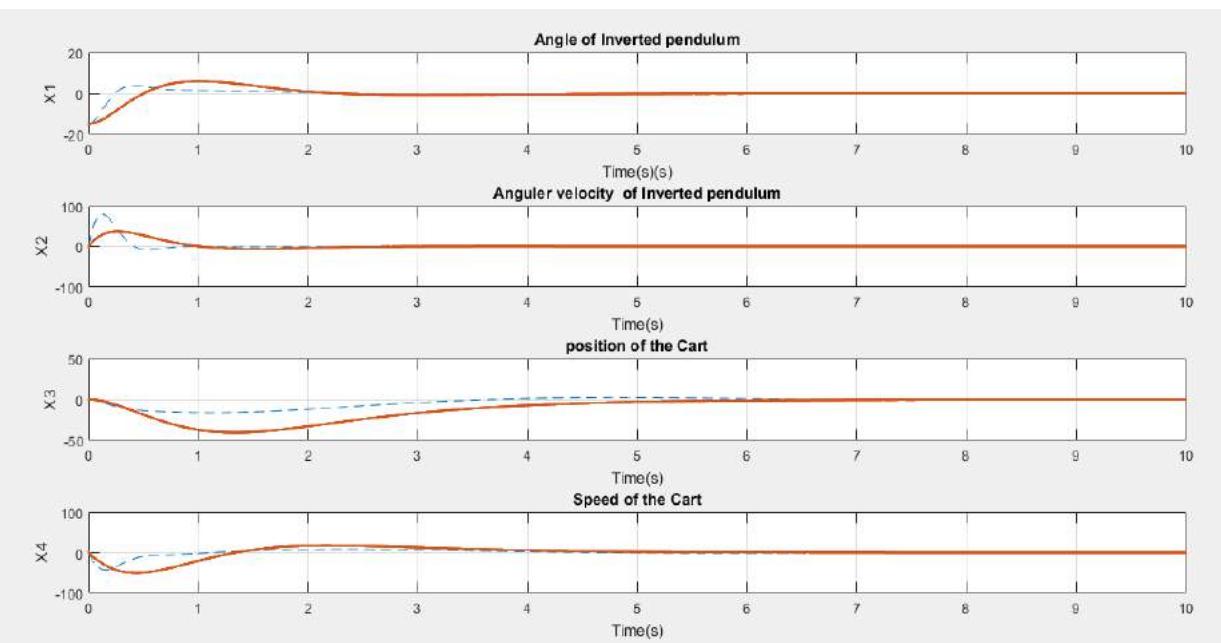


Figure 2. Switching surface  $S(x)$  and Sliding mode controller  $u(x)$  for the two proposed methods.



**Figure 3. Rolling angle and rolling velocity of the vehicle for the two proposed methods.**

In Figure 2 and Figure 3 the dashed line represents the LMI method while the solid line represents the Ackermann's method.

In Figure 2 the switching surface signal of the two proposed methods have different quantities at start but they are stable at reasonable time, although the LMI switching signal and control signal look more convenient.

For the output of the system of inverted pendulum in Figure 3, which represents the angle position and angular speed, cart position and cart speed, the two methods' design of switching surface give different output responses during the first five seconds, during this time it is obvious that the position of inverted pendulum and the speed of the cart are reaching the stability within less than 0.6 second with LMI. The Ackermann's formula gives the result with a simple technique according to its procedure but it faces some difficulties compared with the LMI method, which enables the designer to easily attack various interesting problems.

## CONCLUSION

Two different approaches for the design of switching surface for linearized systems have been presented in this paper. In the first method (Switching surface design based on LMI) a unique design method is proposed, which characterizes linear sliding surfaces in terms of LMIs that also gave the designer some advantages in the computational aspect, so that the sliding surfaces for even large-scale systems can be easily computed within this method. In the second method (Switching surface design based on Ackermann's formula) which proposes a scalar sliding mode control design depends on the desired eigenvalues and the controllability matrix to achieve the desired sliding mode control performance with respect to its flexibility of solution.

## ACKNOWLEDGMENT

We acknowledge with deep gratitude and appreciation our supervisor Dr. Tolgay KARA for his guidance, excellent advice and cooperation during the course of this work.



## REFERENCES

- Vadim Utkin. (1993). Sliding Mode Control Design Principles and Applications to Electric Drives, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 40 ,no. 1.
- Mohammad Khalid Khan. (2003). Design And Application Of Second Order Sliding Mode Control Algorithms. *PhD. Thesis in Dep. of Engineering, University of Leicester, Leicester, England.*
- Heide Brandstädter (2008). Sliding Mode Control of Electromechanical Systems. *PhD. Thesis in EEIT Dept. Technical University of Munich, Munich, Germany.*
- Jinkun Liu, Xinhua Wang. (2012). Advanced Sliding Mode Control For Mechanical Systems. *1<sup>st</sup> edition. Tsinghua University Press, Beijing and Springer-Verlag Berlin Heidelberg.*
- Vadim Utkin, Jingxin Shi, J rgen Guldner. (1999). Sliding Mode Control In Electromechanical Systems. *1<sup>st</sup> edition.UK, USA: Taylor and Francis.*



## AUTOMATION SYSTEM DESIGN FOR ENERGY EFFICIENCY IN LIGHTING APPLICATIONS

Uğur YÜCEL

Kocaeli Üniversitesi, Hiske Mekatronik Bölümü uyucel@kocaeli.edu.tr

Murat AYAZ

Kocaeli Üniversitesi, Uzunçiftlik MYO, Elektrik ve Enerji Bölümü  
murat.ayaz@kocaeli.edu.tr

Ali GÜVEN

Doktora Öğrencisi, Kocaeli Üniversitesi aaliguven@gmail.com

Cihan BURÇ

Yüksek Lisans Öğrencisi, Kocaeli Üniversitesi cihan2734@gmail.com

**ABSTRACT:** Nowadays, energy production and energy efficiency are of great importance. In addition to increasing and diversifying production systems of electricity energy, improvements of existing systems and the efficient use of energy are carried out together. In lighting systems, a stakeholder of energy consumption, several researches are carried out in order to reduce energy consumption and increase efficiency. In this study, an automation system design is handled to maximize usage of daylight in lighting systems. In the proposed automation system, an area for illumination has been determined. This area is divided into zones according to penetration rate the daylight. In these zones, the proposed lighting control is applied and the energy saving achieved within working hours for each zone has been given.

**Keywords:** Lighting automation, Industrial lighting, energy efficiency

## AYDINLATMA UYGULAMALARINDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ İÇİN OTOMASYON SİSTEM TASARIMI

**ÖZET:** Günümüzde enerji üretimi ve üretilen enerjinin verimli kullanılması büyük önem arz etmektedir. Elektrik enerjisi üretim sistemlerini artırma ve çeşitlendirme çalışmalarının yanı sıra, mevcut sistemlerin iyileştirilmesi ve enerjinin verimli kullanılması işlemleri birlikte yürütülmektedir. Enerji tüketiminin bir paydaşı olan aydınlatma sistemlerinde de enerji sarfyatının azaltılması ve verimliliğin artırılması için çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada, aydınlatma sistemlerinin tasarımında gün ışığından maksimum düzeyde faydalananın bir otomasyon sistemi ele alınmaktadır. Önerilen otomasyon sisteminde, aydınlatılması istenen bir çalışma alanı belirlenmiştir. Bu çalışma alanı gün ışığından yararlanma değerleri göz önüne alınarak bölgelere ayrılmıştır. Bu bölgelerde, geliştirilen aydınlatma kontrolü uygulanarak her bir bölge için çalışma saatleri içerisinde elde edilen enerji tasarrufu ortaya konulmaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Aydınlatma otomasyonu, endüstriyel aydınlatma, enerji verimliliği



## GİRİŞ

Ülkelerin elektrik enerjisi üretimi ve kişi başı elektrik enerjisi tüketimi gibi kavramlar gelişmişlik düzeyinin ifade edilmesinde kullanılan geçerli kriterlerdir. Türkiye 259,7 TWh, Almanya 602 TWh ve Japonya'nın 1.009 TWh elektrik enerjisi üretim kapasitesine sahiptir. Türkiye'de yıllık kişi başı elektrik tüketimi 3,3 MWh iken, Almanya'da yıllık kişi başı elektrik enerjisi tüketimi 9 MWh ve Japonya'da ise 8 MWh olarak kayıtlara geçmiştir [1]. Türkiye'nin Gayrisafi Yurtıcı Hasıları 822,1 milyar dolar iken, Almanya'nın 3,73 trilyon dolar ve Japonya'nın 4,92 trilyon dolardır [2].

Ülkelerin gelişmişlik düzeyi üretim miktarlarının büyüklüğüne bağlı olduğu kadar, kişi başına düşen enerji miktarı ile ülkenin gelirine ne kadar katkı sunduğu ile de ilişkilidir. Milli gelirin, kişi başına düşen enerji miktarına oranlanması sonucunda; Türkiye'de oran 1 birim olarak kabul edilirse, bu oran Almanya'da 1,66 ve Japonya'da 2,06 olduğu görülmektedir. İstatistikler Türkiye'nin toplam elektrik enerjisi üretiminin ve kişi başına düşen elektrik miktarının düşük olduğunu gösterse de, daha önemli bir sorun mevcut enerjimizin gayrisafi milli hasılaya katkısının düşük olması ve üretmeye yansıtamamamızdır. 34 OECD ülkesinde elektrik kayıp kaçak oranı ortalaması % 6,65'tir. Türkiye'de ise bu oran %15,46'dır [3]. Kayıp kaçak miktarının azaltılması ve enerjinin verimli kullanılması konusunda 18.04.2007 tarihinde, 5627 numaralı "Enerjinin Verimliliği Kanunu" kabul edilmiş ve 2.5.2007 tarih 26510 sayılı Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu kanunun amacı, enerjinin etkin kullanılması, israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasıdır [4].

Türkiye aydınlatma için 2015 yılında 3 milyar 448 milyon KWh elektrik enerjisi tüketmiş olup bu enerji miktarında, 2014 yılına göre % 4,3 oranında bir artış olduğu görülmektedir [5]. Enerji tüketiminin önemli bir paydaşı olan aydınlatma sistemlerinde bu tüketim miktarı yıllar geçtikçe hızla artmaya devam edeceği öngörmektedir. Bu doğrultuda, aydınlatma sistemlerinde enerji verimliliğinin arttırılması üzerine çeşitli araştırma çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmalar, aydınlatma sistemlerinde kullanılan ürünlerin iyileştirilmesi ve aydınlatma sistemlerinin kontrolü olmak üzere iki temel başlık altında sınıflandırılmaktadır.

Akkor lambalarda ışıksal etkinlik 12-15 lm/W, halojen lambalarda 18-22 lm/W, kompakt floresan lambalarda 60 lm/W, floresan lambalarda 55-104 lm/W seviyelerindedir. LED'li lambalarda ışıksal etkinlik değeri LED'in rengine ve beyaz ışık kaynakları için renk sıcaklığına göre farklılık göstermektedir. Geliştirilen yeni nesil LED teknolojisi ile üretilen aydınlatma ürünlerinin tasarruflu olmalarından dolayı aydınlatma sektörünün tamamında kullanılacağı öngörmektedir [6]. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı; 2008 yılında ortalama 75 W gücünde 1.828.747 adet akkor flamanlı lambayı kamu kurumlarından sökmüştür. Bu lambaların toplam gücü 137 MW'tır. Sökülen lambaların yerine 20 W gücünde, 1.758.954 adet kompakt floresan lamba takılmıştır. Toplam güç 35 MW'a düşmüş ve 102 MW tasarruf edilmiştir [7].

Çalışma alanlarının tasarımında doğal aydınlatmanın kaynağı olan gün ışığından maksimum düzeyde faydalанılması prensip edinilmiştir. Ayrıca aydınlatmanın standart sürelerle ve standart düzeyde yapılması anlayışı terkedilmiş, bunun yerine ihtiyaç olan süre kadar ve minimum enerji sarfiyatı aydınlatma yapabilmek için otomasyon sistemleri

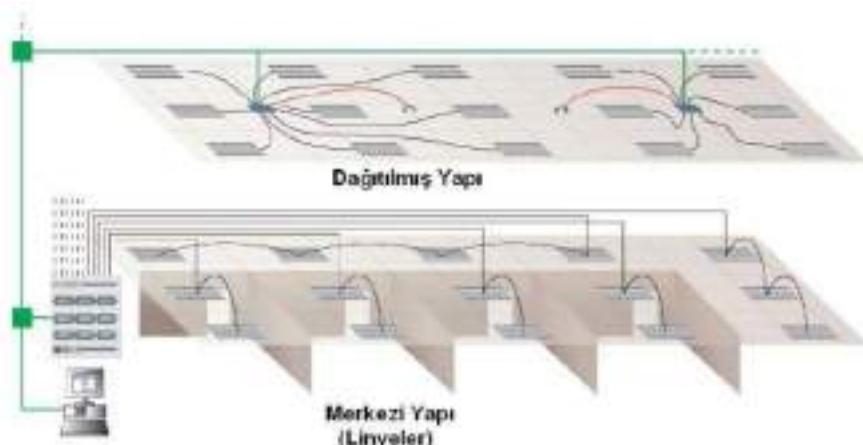
geliştirilmiştir [8]. Yapılan bazı çalışmalarda, aydınlatma için harcanan enerjiden tasarruf etmenin en verimli yolunun tek bir merkezden kontrol edilen ve gün ışığından maksimum yararlanan sistemler olduğu halde, maliyetli olmasından dolayı tercih edilmediği, bunun yerine floresan lamba gruplarının kullanıldığı ortaya konulmaktadır [9]. Bu durum, yapılan iyileştirme çalışmalarının enerji verimliliğine katkı sağlama gereği kadar kurulum maliyetlerinin de göz önünde tutulmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Bu çalışmada, gerek endüstriyel tesislerde gerekse de binalarda uygulanabilecek gün ışığından daha fazla yararlanmayı sağlayan bir aydınlatma otomasyon sistemi tasarlanmıştır. Tasarlanan aydınlatma otomasyon sistemi ile enerji verimliliğinin sağlanmasıının yanı sıra istenilen ışık şiddeti değerinin sürekli elde edilmesini sağlayarak çalışma ortamının ışık kalitesini düşürmemektedir. Çalışmanın 2. bölümünde kullanılan geleneksel aydınlatma sistemleri, 3. bölümünde tasarlanan aydınlatma otomasyonu sisteminin detayları ve 4. bölümde elde edilen sonuçlar verilmektedir.

#### Aydınlatma Otomasyon Sistemlerinde Kontrol Yöntemleri

Aydınlatma sistemlerinde, insan faktörünü ortadan kaldırarak enerji sarfiyatının azaltılmasını temel alan birçok kontrol yöntemi uygulanmaktadır. Aydınlatma sisteminin ne kadar sık kullanılacağı, aydınlatma seviyesi, aydınlatma ortamı gibi kriterler göz önüne alınarak uygulamaları gerçekleştirilmektedir. Bu bölümde en çok uygulanan aydınlatma kontrol yöntemleri ele alınmaktadır [10].

Aydınlatma otomasyon sistemleri entegrasyonunda mevcut sistemin tasarım özellikleri önemlidir. Aydınlatma elemanlarının enerji besleme tipine göre yapılar, merkezi ve dağıtılmış olarak iki başlık altında Şekil 1'de gösterildiği gibi gerçekleştirilmektedir. Yoğun aydınlatma elemanları içeren alanlarda merkezi yapının kullanılması kontrol açısından kolaylık sağlamaktadır) [11].



Şekil 1. Dağıtılmış Ve Merkezi Aydınlatma Bağlantı Yapıları

#### Varlık ve Yokluk Kontrolü

Varlık kontrolünde aydınlatılacak ortamda hareket olup olmadığı algılayıcılar vasıtıyla kontrol edilir ve koşullar sağlanıyorsa aydınlatmalar açılır. Yokluk kontrolünde ise önce elle aydınlatmalar aktif edilir ve ortamda hareket belirli bir süre olmadığında aydınlatmalar



kapanır. Genellikle aydınlatmanın çok sık kullanılmadığı veya topluma açık çok sayıda insanın kullanımında olan alanlarda uygulanır. Kontrol edilmek istenilen her bir alan için ayrı ayrı hareket sensörünün yerleştirilmesi veya hareket sensörü içeren armatür yapılarının kullanılması ilk kurulum maliyetinin artmasına neden olmaktadır.

### Zaman Ayarlı Kontrol

Zaman ayarlı kontrol yönteminde belirli sürelerde aydınlatma sisteminin devrede olması sağlanarak açma kapatma zamanlaması otomatik olarak gerçekleştirilir. Zaman kontrolü için saman saatleri, gerçek zaman saat özelliği bulunana akıllı röle ve benzeri kontrol cihazları kullanılmaktadır. Bu kontrol yönteminde ortamın aydınlık seviye ayarlaması yapılamaz ve sabit bir aydınlık seviyesi sürekli olarak sağlanmaktadır.

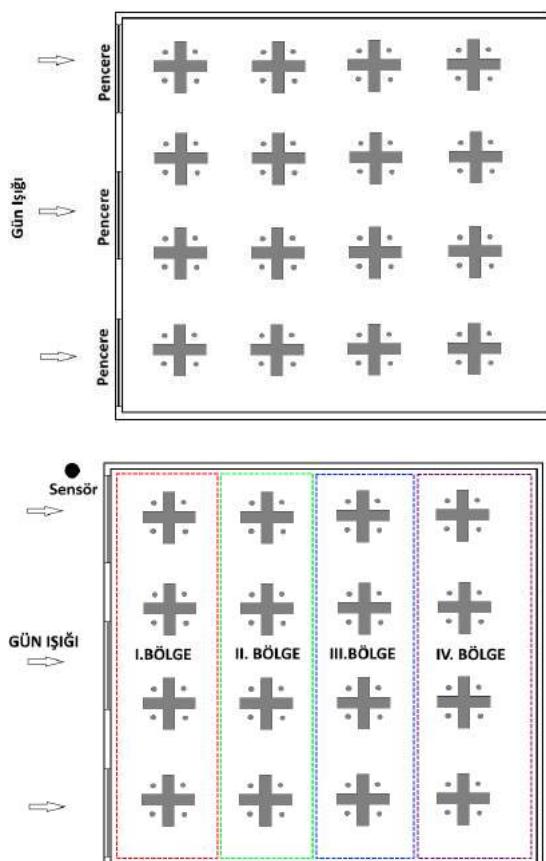
### Işık Şiddeti Ayarlı Aydınlatma

Bu aydınlatma yönteminde istenilen aydınlatma seviyelerine ulaşmak ya da kullanıcıların farklı aktiviteleri için uygun olan aydınlatma seviyelerini sağlamak amacıyla ortam ışık şiddeti kontrolü yapılır. Işık şiddeti ayarlanabilen tüm aydınlatma elemanları bu kontrol sisteminde kullanılabilir. Bu sistemin sağlayacağı en büyük avantaj ortam aydınlatma seviyesi dikkate alınarak aydınlatma elemanlarının çalışması ayarlanmaktadır. Böylece gün ışığının çok yoğun olarak kullanılabileceği alanlarda gereksiz yere aydınlatma gücü harcanmamaktadır ve enerji tasarrufu elde edilmektedir. Ancak sağlayacağı avantajlarının yanı sıra her bir kullanım alanında ışık şiddeti ölçümu için bir algılayıcının ve her bir aydınlatma elemanı için sürücü devresi kullanılması ilk kurulum maliyetini artırmaktadır.

## YÖNTEM

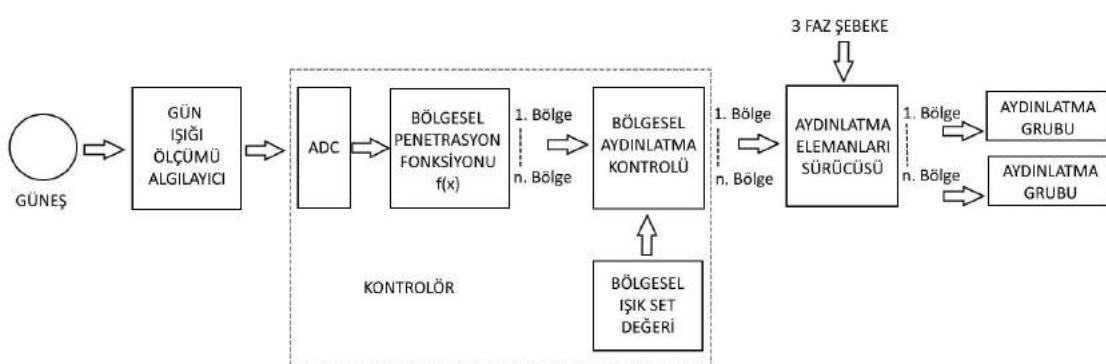
### Aydınlatma Otomasyon Sistemi Tasarımı

Hedeflenen aydınlatma otomasyonu sisteminde güneş ışığının değerini sürekli olarak okuyup sistemine bilgi sağlayan yalnızca bir adet analog ışık sensörü yer almaktadır. Aydınlatma kontrolü yapılacak alan, güneş ışığının içeriye geçiş değerlerine göre Şekil 2'de gösterildiği gibi bölgelere ayrılmıştır ve her bir bölgenin güneş ışığı değeri için bir fonksiyon oluşturulmuştur. Bu fonksiyonun oluşturulması ile her bir bölge için ayrı ayrı ışık sensörü kullanımı ortadan kaldırılmaktadır ve sistem maliyeti böylece azaltılabilmektedir.



Şekil 2. Aydınlatma Kontrolü Gerçekleştirilecek Alanın Yapısı Ve Bölgeleri

Şekil 2'de yerleşim planı verilen  $200 \text{ m}^2$  alana sahip bölgelerin aydınlatması için analog kontrollü LED (Light Emitting Diode) armatürler kullanılmaktadır. Bu alan içerisinde yer alan her bir bölgede aynı aydınlatma değerinin olması sağlanacaktır. Genellikle, üretim ve ürün yapısına bağlı olarak endüstriyel tesisler için aydınlatma düzeyi en az 300 Lx, en çok 750 Lx olarak tercih edilmektedir [12]. Bu çalışma kapsamında alan içerisinde kalan her



bölgede aydınlatma seviyesi 500 Lx olacak şekilde kontrol algoritması gerçekleştirilmektedir.

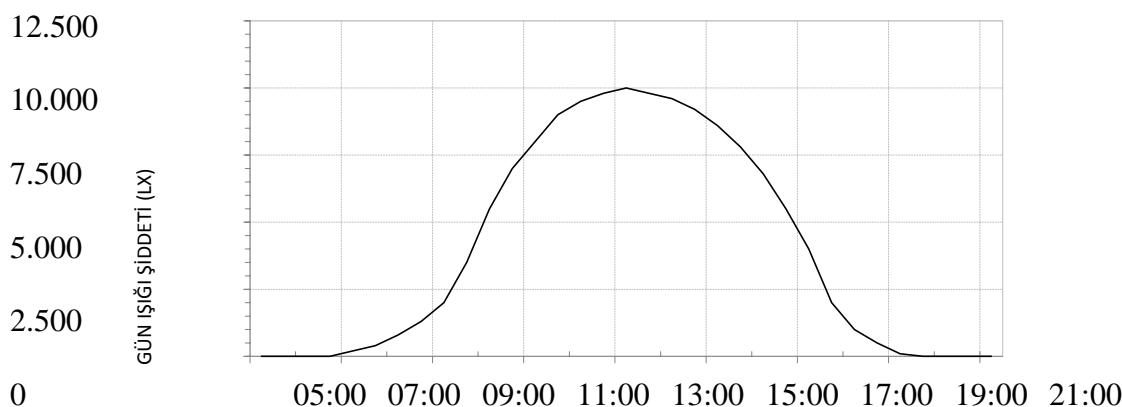
Şekil 3. Tasarlanan Aydınlatma Otomasyon Sistemi Kontrol Blok Şeması

Tasarlanan aydınlatma sisteminin kontrol blok şeması Şekil 3'de verilmektedir. Gün ışığı değeri sürekli olarak kontrol sistemine analog değer (0-10V) olarak aktarılmaktadır ve kontrolör sisteminde yer alan analog – dijital çeviri ile kontrol algoritmasına aktarılmaktadır. Her bölgenin gün ışığından yararlanma katsayısı farklı olacağı için ayrı

ayrı her bölgeye ait bir fonksiyon oluşturulmaktadır. Fonksiyon katsayılarının belirlenmesinde bölgenin gün ışığından yararlanma değeri, istenilen aydınlichkeit düzeyi ve kullanılan aydınlatma armatürünün ışık dağılımı belirleyici olmaktadır. Belirlenen katsayırlara bağlı olarak oluşturulan fonksiyonlar ile her bir bölgenin aydınlatma ihtiyacı anlık olarak tespit edilip istenilen aydınlichkeit kalitesinin sürekliliği sağlanmaktadır. Ayrıca, gereksiz yere aydınlatma armatürlerinin kullanımından ortaya çıkan enerji sarfyatının önüne geçilerek sistemde maksimum düzeyde gün ışığından faydalanilmaktadır.

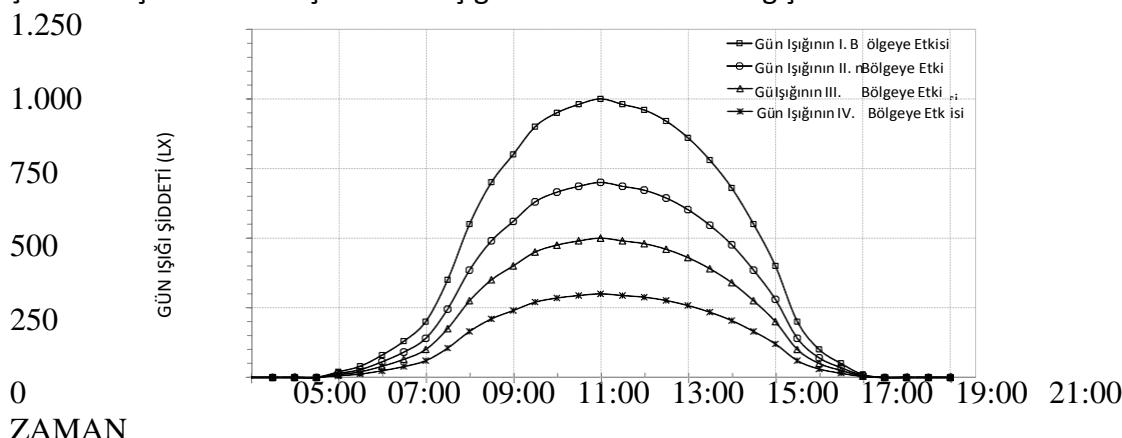
## BULGULAR

Gün ışığı için sistemde kullanılan algılayıcıdan elde edilen gün ışığı aydınlichkeit seviyesinin zamana bağlı grafiği Şekil 4'de gösterilmektedir. Ölçüm 24 saat üzerinden yapılmıştır. Ayrıca gün ışığının belirlenen bölgelerdeki dağılımını belirlemek amacıyla farklı noktalarda Lxmetre ile anlık olarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler ışığında gün ışığının bölgelere göre değişim grafiği Şekil 5'de verilmektedir. Şekil 5 incelediğinde, I. bölge gün ışığının yaklaşık %10'unu, II. bölge %7'sini, III. bölge %5'ini ve IV. Bölge %3'ünü almaktadır.



## ZAMAN

Şekil 4. Dış Ortamda Ölçülen Gün Işığının Zamana Göre Değişimi

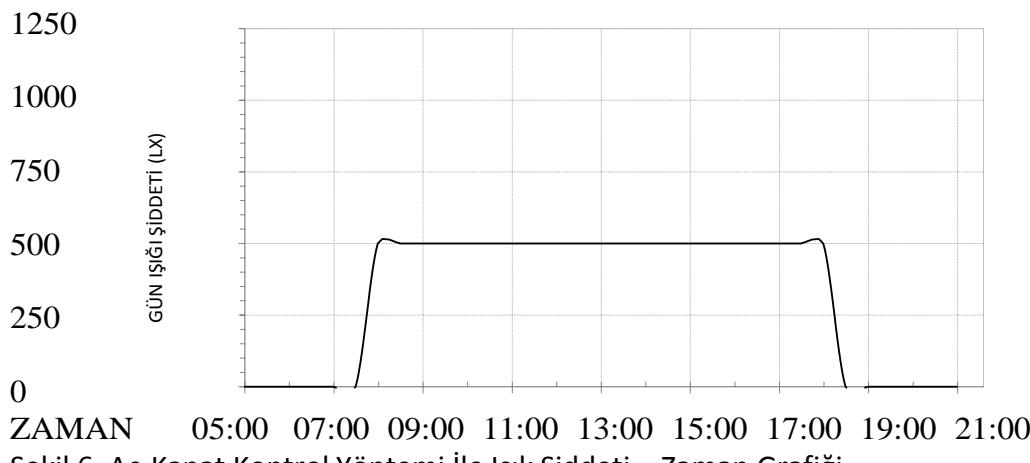


## ZAMAN

Şekil 5. Gün Işığının Bölgelere Etkisinin Saatlere Göre Değişimi

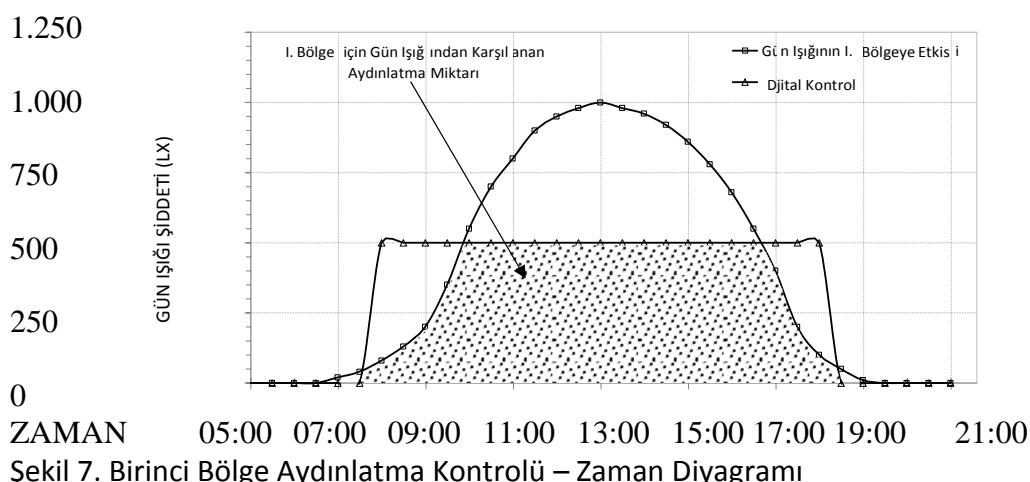
Gün içerisinde 08:00 ile 18:00 saatleri arasında çalışmaların gerçekleştirildiği kabul edilerek her bir bölge için gerekli olan aydınlatma kontrolü gerçekleştirilmektedir. Her bölge için çalışma saatlerinde gün ışığının etkisine göre aydınlatma ve kontrol değeri hesap

edilmiştir. Geneliksel kontrol yapısı içermeyen sistemlerde gün ışığı dikkate alınmamaktadır ve aç-kapat mantığı ile gün boyunca bütün aydınlatma elemanları devrede olmaktadır. Şekil 6'da 10 saat çalışma süresince istenilen aydınlik değeri (500 Lux) için aç-kapat kontrol sistemi gösterilmektedir.

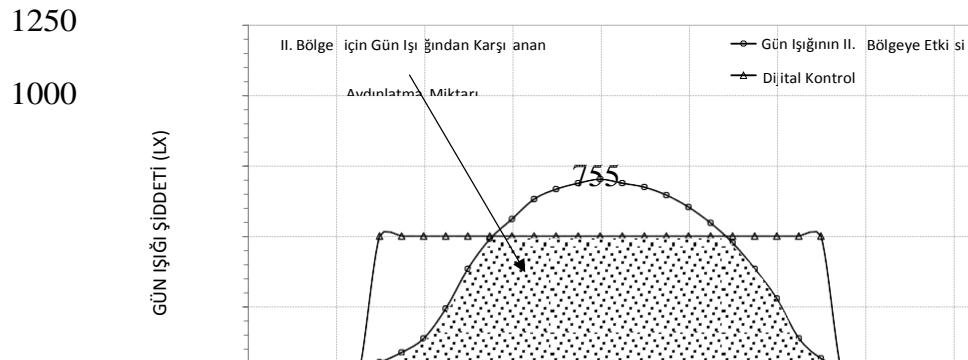


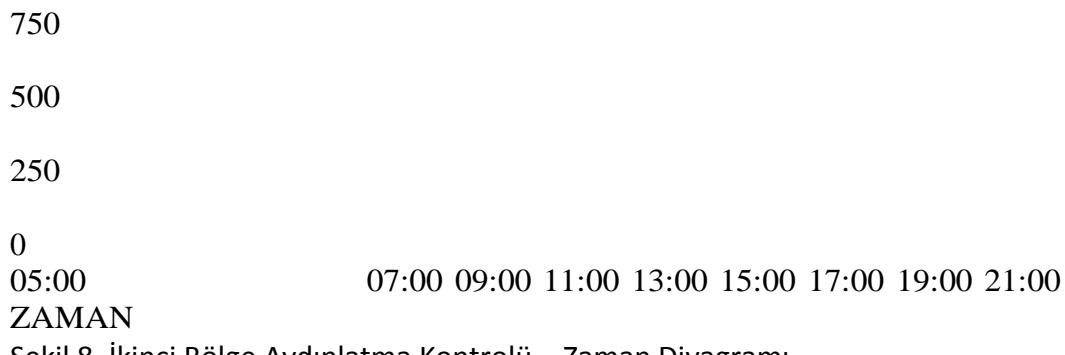
Şekil 6. Açı-Kapat Kontrol Yöntemi ile İşık Şiddeti – Zaman Grafiği

Tasarımı gerçekleştirilen aydınlatma kontrol yapısı kullanılarak çalışma saatleri içerisinde her bir bölge için elde edilebilecek tasarruf değerleri elde edilmiştir. 1. bölgede gün ışığından faydalananarak 4.295 Lux değerini gereksiz olarak kullanılan enerji tasarruf edilerek yalnızca 705 Lux değerini için gerekli olan enerji şebekeden karşılanmıştır. 1. bölgede olduğu gibi, 2. bölgede de 4.120 Lux değerini gün ışığından elde edilerek yalnızca 880 Lux değerini gerekli olan enerji şebekeden karşılanmıştır. 1. ve 2. bölgelere kıyasla 3. ve 4. bölgelerde bu enerji kazanımları biraz daha düşük olup gerekli olan enerji miktarı biraz daha fazladır. Ancak aç-kapat yöntemi ile kıyaslandığında %50 -%60 arası daha az enerji harcadığı ortaya çıkmaktadır. Tasarlanan aydınlatma sistemi ile aç-kapat kontrol yönteminin her bir bölge için karşılaştırılmış ışık şiddeti – zaman diyagramları sırası ile Şekil 7 – 8 – 9 – 10 ile gösterilmektedir.

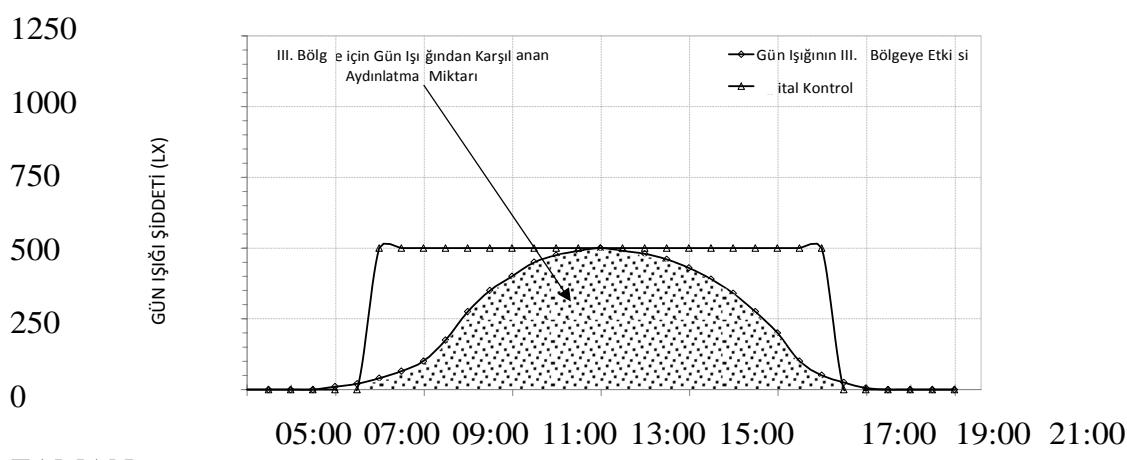


Şekil 7. Birinci Bölge Aydınlatma Kontrolü – Zaman Diyagramı

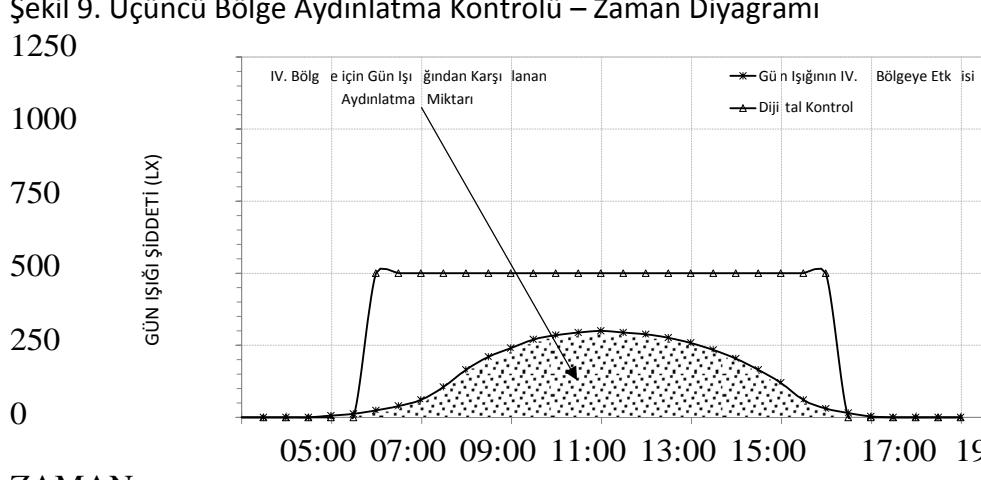




Şekil 8. İkinci Bölge Aydınlatma Kontrolü – Zaman Diyagramı



Şekil 9. Üçüncü Bölge Aydınlatma Kontrolü – Zaman Diyagramı



Şekil 10. Dördüncü bölge aydınlatma kontrolü – zaman diyagramı

Tasarlanan aydınlatma kontrol sisteminin uygulanması ile istenilen aydınlatma düzeyinin sağlanması için gerekli aydınlatma güç değerleri ve aç-kapat kontrol yönteminde kullanılabilen çeşitli armatür yapılarının gerektireceği güç değerleri karşılaştırmalı olarak Tablo 1'de verilmektedir. Yaklaşık  $800 - 900 \text{ m}^2$  bir alanın 500 Lx değerinde aydınlatılabilmesi için akkor flamanlı armatürler kullanıldığında 7200 W, flouresan armatürler kullanıldığında 1800 W, LED armatürler kullanıldığında ise 1200 W değerinde bir aydınlatma gücüne ihtiyaç duyulmaktadır [13]. Bu çalışmada kapsamında, LED armatürlerin kullanıldığı bir yapı oluşturularak tasarlanan aydınlatma kontrolü



uygulandığında yaklaşık 323 W değerinde bir aydınlatma gücüne ihtiyaç duyulmaktadır. Tasarruf oranları dikkate alındığında kullanılan armatür yapısına bağlı olmaksızın kullanılan aydınlatma gücünün %82'si gün ışığından sağlanabilir. Bu tasarruf yüzdesi hava şartlarına ve alanların fiziki şartlarına (pencere sayısı, kullanılan camın geçirgenliği, temizliği, vb.) bağlı olarak değişiklik gösterebilir.

Tablo 1. Farklı Aydınlatma Çeşitleri İle Çalışma Alanının Aydınlatılması İçin Gerekli Olan Güç Değerleri

Aydınlatma Çeşitleri	I. Bölge	II. Bölge	III. Bölge	IV. Bölge	Toplam
Akkor Flamanlı Armatürler ile Aydınlatma	1.800 W	1.800 W	1.800 W	1.800 W	7.200 W
Flouresan Armatürler ile Aydınlatma	450 W	450 W	450 W	450 W	1.800 W
Led Armatürler ile Aydınlatma	300 W	300 W	300 W	300 W	1.200 W
Tasarlanan Kontrollü LED Armatürler Kullanılarak	Aydınlatma	42 W	53 W	89 W	139 W
Tasarruf Oranı (%)	%91	%88	%80	%69	%82

## SONUÇ

Enerji tüketiminin önemli paydaşlarından biri olan aydınlatma sistemlerinde gün geçtikçe talep edilen enerji miktarı artmaktadır. Talep edilen enerji miktarının karşılanması için yeni enerji üretim kaynaklarının araştırılmasının yanı sıra mevcut sistemlerin iyileştirilerek verimliliğin arttırılması da büyük önem arz etmektedir. Bu kapsamda aydınlatma sistemlerinde enerji verimliliğinin sağlanması üzerine birçok kapsamda çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Bu çalışma kapsamında yeni bir aydınlatma sistemi ve kontrolü önerilmiştir. Önerilen sistemde açık çevrim kontrolü tercih edilerek gereksiz olarak fazla sayıda algılayıcıların kullanılması ve maliyetin artırılmasının önlenmesi hedeflenmiştir. Sistemde gün ışığı verisinin sürekli alınabilmesine olanak sağlayan bir algılayıcı kullanılmıştır. Tasarlanan sistemin uygulama aşamasında alanlara sensör yerleşiminin gerekliliğini ortadan kaldırmak için ilk aşamada deneysel bazı ölçümlelerle kontrol fonksiyonları için katsayıların belirlenmesi gerekmektedir. Belirlenen katsayılar yardımcı ile sensörsüz açık çevrim aydınlatma kontrolü mümkün hale getirilmiştir.



Tasarlanan sistem, örnek olarak ele alınan 800-900 m<sup>2</sup> bir alan için ele alınmıştır ve gerekli hesaplamalar yapılarak aydınlatma güçleri belirlenmiştir. Tasarlanan aydınlatma sistemi kullanıldığından geleneksel aç-kapat kontrol yöntemlerine göre %82 oranında gün ışığı kullanımına olanak sağlayarak enerji sarfyatının önüne geçilmesine olanak sağlamıştır. Enerji tasarruf değerleri uygulanacak yapının fiziki şartlarına, hava durumuna, vb. parametrelere bağlı olarak değişiklik gösterecektir. Ayrıca az sayıda donanım kullanımı ile ilk kurulum maliyetlerini de düşürecektr.

## KAYNAKLAR

- [1] International Energy Agency <http://www.iea.org>
- [2] <http://data.worldbank.org>
- [3] <http://www.iea.org>
- [4] <http://www.resmigazete.gov.tr>
- [5] [www.enerjiatlasi.com](http://www.enerjiatlasi.com)
- [6] EROL, Y., CANBOLAT T. *Aydınlatma Sektöründe Yeni Nesil Power Led Teknolojileri*
- [7] (2009) *Kamuda Verimli Aydınlatmaya Geçiş, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı*
- [8] GENÇOĞLU, M.T. *İç Aydınlatmada Enerji Tasarrufu*, Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
- [9] ALTUNCU,D., TANSEL,B. *Aydınlatma Kontrol Sistemlerinin Hastanelerde Kullanımı*, MSGSÜ Mimarlık Fakültesi, İç Mimarlık Bölümü
- [10] ÖZDENİZ,D. (2011) *Ofislerde Aydınlatma Otomasyonu, VI. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu*
- [11] ALSAT,C. (2011) *Aydınlatma Otomasyonu Ve Enerji Tasarrufu Sistemleri, VI. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu*
- [12] T.C. 14765 Sayılı Resmi Gazete işçi Sağlığı ve iş Güvenliği Tüzüğü, Madde 18 [13] <http://www.philips.com>



## MANUFACTURING AND EXPERIMENTING A VERTICAL WIND TURBINE WITH MOVABLE BLADES

Ali Abdulhadi KHUDHIR

Aircraft and Aerospace Engineering Department

Aliabdulhadieng83@gmail.com

Asst.Prof.Dr. Sohayb ABDUL KARIM

Aircraft and Aerospace Engineering Department

karim@gantep.edu.tr

**ABSTRACT:** Nowadays, sustainable and friendly produced energy is the most required by the governments from research centers. Is using wind energy by varieties of different types of turbines. It is proved as the cleanest, most reliable, supports growth and sustainability, and has no heat-trapping effect. Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT) is the type that dominating the large-scale ones' due to its relatively high efficiency comparing with the other type namely, Vertical Axis Wind Turbine (VAWT).

However, the disadvantage of HAWT is the fact that horizontal axis which is subjected to high bending load causing relatively higher maintenance costs. Additionally, VAWT is more appropriate for installation in small-scale and in urban areas due to its capability to run under turbulent wind stream conditions. From the other side, the disadvantage of the VAWT is that it is less efficient due to the negative role for some blades running in the opposite wind-direction . However, in this work, an attempt will be made to overcome of that drawback by changing the Angle of Attack (AOA) of the vertically positioned blades. To achieve AOA-variation, a mechanism will be added, so It should allow the blade to rotate about its own axis under the effect of aerodynamics force, without any need for external power based on its rotational position relative to the free stream. An aerodynamic analysis will be made theoretically by FEM methods. In order to validate the applicability and performance improvement, a model from the composite material will be manufactured in the in-house workshop, afterward it will be tested under a different range of wind speed and various style of turbulent wind. In order to compare the results and study the effect of variation of AOA.

## INTRODUCTION

The increasing in the penetration of renewable energy has become an imperative need in all parts of the world. Current studies indicate the need to renewable energy not only in the provision of electric power to nearly 2 billion people in the rural areas but also to address and find solutions to environmental challenges [1, 2].

Nowadays, there are several types of clean energy sources (wind, solar thermal, solar photovoltaic (PV), hydro, geothermal and biomass). Wind power has become very popular being the most confident and cleanest source in the world, as is shown in the annual report of the International Energy Agency (IEA) [3], Where there are thousands of megawatts of wind energy is collected daily.

Depending on the orientation of the axis of rotation, wind turbines can be classified into two categories. The first one is the Horizontal Axis Wind Turbines (HAWT), and the second one is the Vertical Axis Wind Turbines (VAWT). Currently, the emphasis on



VAWT is increased as an alternative solution for a number of reasons. It is simpler from design point of view, easy to install. It does not require high capacity to start, low operating speed. And on the top of that, It is notably the lower operational and maintenance costs [5-7]. In addition, VAWT are more suitable in urban areas for small size and the ability to be installed on the ground or the roofs of buildings and it is characterized by aesthetic in type and low noise [8].

Savonius rotor turbines, considered as the simplest type of VAWT, are invented by Savonius in 1925 [9]. The most interesting feature for this type of turbine is its high starting torque. Darrius turbine is the other kind of VAWT driven by lift forces generated by airfoils, which was invented by Darrius in 1931 [10]. In this type of VAWT, the turbine rotor consists of airfoil-shaped blades with constant chord length attached to a rotating vertical shaft. This type is highly efficient in generating power as well. Event though, it has a low starting Torque. Hence it needs to run up until they reach a rotational speed threshold beyond which it is able to accelerate [11].

Over the years, in an attempt to improve the performance of VAWT, many researchers have proposed several creative ideas to list just few. Song et al. [12] discovered the concept of a helical vertical axis wind turbine with airfoil arms in order to improve aerodynamic performance. Correspondingly, Bailey and Bailey [13] presented the concept of shrouded vertical axis dual-turbine, which consists of symmetrical wind blades, the aerodynamic shape of the blade to increase the speed of air flow stream. For the same purpose, Chong et al. [14] suggest a power-augmentation-guide-vane to create a Venturi effect to increases the speed of the wind towards the turbine. De Marco et al. [15] interested in studying VAWT with inclined arms, the results of his study showed that inclined arms increase the efficiency of the wind turbine.

In this research, efforts were devoted to improve the efficiency of VAWT by eliminating the negative role of wind blades when they are moving in the opposite direction of the flow-stream. This is done by changing the angle of the attack (AOA) by placing a mechanism of the blades of concave shape to the inside has the ability to rotate around the vertical axis by making use of wind power without the need for any external power energy. In this work, in order to test the efficiency of the suggested design, a model of VAWT was built-up at in-house workshop, the blades were made of fiberglass mat or Chopped Strand Mat (CSM), while the rotation axis and blades-supports were manufactured from aluminum tubes. The hinges were made from aluminum as well. After building the model, an evaluation experiments were conducted in order to measure the performance using simple and low-cost devices.

The experiment was aimed to make a comparison between two cases the first case the blades were constrained while the second case the blades were given rotational a degree of freedom. Three different values of air-flow speed were tested. In this report, a brief description of the fabrication process was added.

### **1-Vertical Axis Wind Turbine Designing:**

Choosing the dimensions of the turbine was based on the size of the source of wind which the diameter was 60 cm. Thus, the wind turbine diameter, D, was 48 cm and the rotor height was 44 cm. The other important dimension was shown in table 1.

**Table 1. Dimensions of Vertical Axis Wind Turbine**

<b>The part</b>	<b>Quantity</b>	<b>Length</b>	<b>Width</b>	<b>Radius</b>
Center Shaft	1	1m	-	1in



Arms	12	18cm	-	1in
Blades	6	40cm	12.5cm	13cm

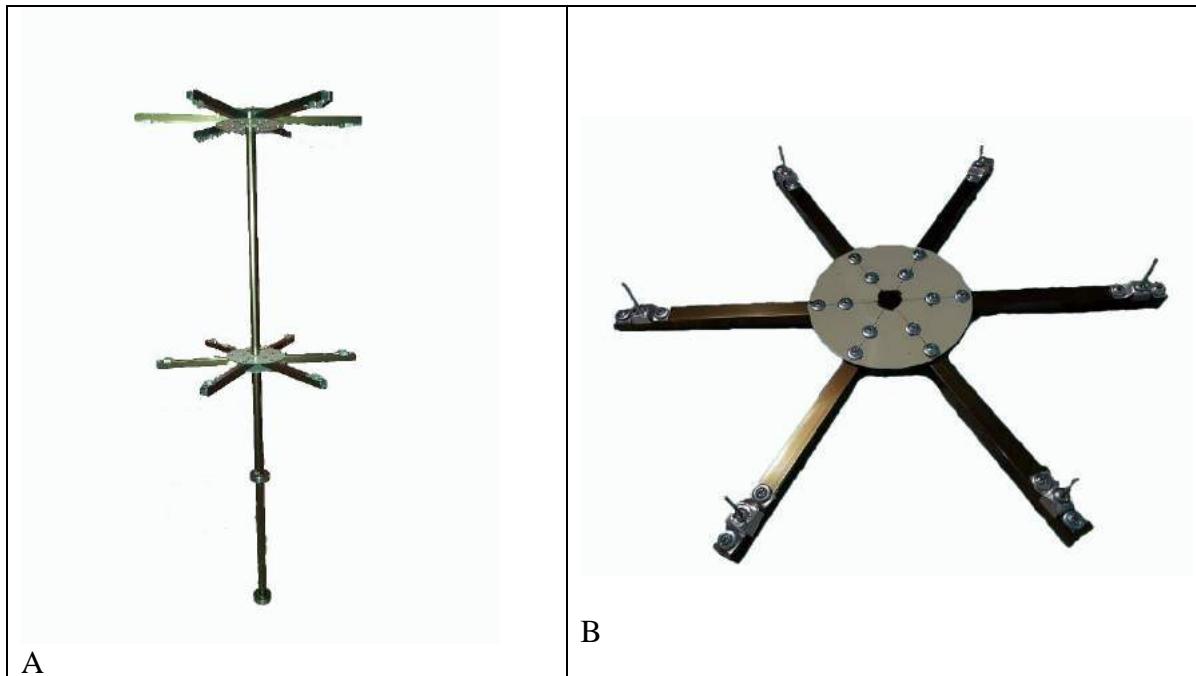
The number of blades is not only affecting the turbine performance but also the manufacturing process greatly depends on the size and dimensions. Literatures shows that enough number of blades is necessary in order to keep the wind running smoothly. This becomes more critic at low wind speeds, where the orthogonality between blade and the flow stream is not guaranteed.

Studies showed that a minimum number of blades cannot be less than 6. In other words, reducing the number of blades to 4 may lead to failure. The wind turbine could not rotate at all. The starting wind speed will be impractically so high. To summarize, higher number of blades means smoother and more efficient and lower starting speed. On the contrary, from manufacturing, weight, and costs point of views, increasing the number of blades has negatively a great impact.

The manufacturing materials are very important and affecting the performance of the wind turbine in general. High strength material was needed, and easy to manufacture, light weight and low cost. The structure of the turbine was manufactured from aluminum, while the blades material was selected based on several considerations. Factually, there are several materials can be used such as wood, steel, aluminum, fiberglass, carbon fiber, and aromatic polyamides [15]. In this work, the fiberglass was selected mainly because it is easy to be formed in addition to its durability and resistance to external environmental conditions.

## 2-Turbine Manufacturing Process.

The central rotational shaft of the turbine was made of aluminum tube to its lightweight. The length of the shaft was 1 m and 1-inch diameter. In order to connect the blades to shaft 12 arms were used. The arms were cut out from aluminum prismatic bar. The cross section was square dimensions were 1x1inch the length of the arm was 18 cm. six arms were connected to the upper end of the shaft using two compact discs of aluminum of 12 cm in diameter. The arms are distributed equally on full circular of the disc, 60-degree angular distance between each two arms.as shown in (figure 1A). |In order to make the assembly and disassembly possible and easy, all the joints were performed by using bolts and nuts. The other six arms are assembled and connected to central shaft similarly. The vertical distance between the two set of arms was 42 cm which equals to the length of the blades. As shown in the figure 1B.



**Figure 1: Images of turbine manufacturing process**

In order to manufacture the blades, a mold was made of steel according to the wanted dimensions of the blades as shown in (figure 2). It was given a degree of curvature,  $r$ , as 13 cm. The curvature is necessary for two reasons, to give enough structural strength to the blade in order to avoid bending under wind pressure. The other reason was to give the aerodynamic shape to increase their surface area. In order to fabricate the blades from fiberglass, two sheets of fiberglass mat were cut slightly bigger than the dimensions of the blade. An appropriate amount of adhesive material was prepared, and the curing material was added to accelerate the curing at room temperature. The first layer of fiber is laid in the mold and the material is placed with a paintbrush. After that, the second layer is spread over it, the material is added and left for about an hour until drying.



**Figure 2. Blades manufacturing stage**

After solidification of the blades, it was separated from the mold. After that, a sharp machine was used to remove the excess sides according to the required dimensions.



**Figure 3. A bleed made from fiberglass**

In order to generate enough moment capable on opening the blade, the blades are joined with holding arms at 1cm away from the chord central point of the blades. The center point becomes 1 cm outer of the rotation axis seed Figure 4.



**Figure 4. Fixed the axis of rotation 1 cm away from the middle of the blades**

The inverse rotation of the blade is prevented by inserting a piece of panel, lock, was cut and formed from steel as shown in figure (5).

The lock allows the blade to rotate only 35° on an angular sector between two limits. The first limit allows orthogonality between the airstream and the blade chord. Here the blade generate useful aerodynamic force hence transmitted as useful torque. While at the second limit, the blade is folded toward the center and produce a minimum aerodynamic force hence the negative force is minimum. Furthermore, in order to reduce the noise due to contacting the blade with the lock a layer of sponge is added on the contact surface. This layer works as a shock absorber see figure 5. A noticeable difference in the level of the noise was noted.



**Figure 5. Piece of iron panels installed on the upper arms**

The wind turbine fixture was made from aluminum; the external dimensions was 57x47x34 cm. The shaft was supported to the fixture by two bearings. The distance between them was 27 cm. These bearings allow the shaft to rotate on a full circle with very low friction as it is shown in the Figure 6.



**Figure 6. Manufacture of turbine base**

### **3. Conducting the Experiment**

For evaluating the performance of the designed VAWT, the manufactured model was tested in a closed room. The dimensions were 5x4x3 m. That was in order to avoid turbulence in the flow stream due to external wind. The source of wind was indoor fan with propellant diameter as 60 cm. The height of the fan was adjusted to be suitable to cover the size of air directed towards the dimensions of the turbine 48x44 cm. The air was distributed equally on all sides of the turbine see Figure 7.

The experiment was carried out at a wind speed from 0 to 2.7 m/sec. the rotation speed of the wind was observed and recorded during the changing in the wind speed.

In order to measure the speed of the wind, Anemometer type VICTOR 816 was used. It has the ability to measure wind speed within a range from 0.0 to 30 m/sec and the temperatures within range from 10 - 45 ° C. Additionally, in order to measure the rotation speed, Tachometer, Microprocessor DT-2234A, was implemented.

Wind speed readings were taken at three positions: the leading edges of the blade, at the center, and the sides. The number of the revolutions was recorded using a direct laser beam pointed on the blades for 30 second. The reading was repeatedly taken every five second. The experiment was repeated at the same condition except that the blade was constrained in a position where the chord of the blade makes parallelize the holding arm. This configuration allows comparing the results between two cases movable blades and fixed blades under the same tests conditions.

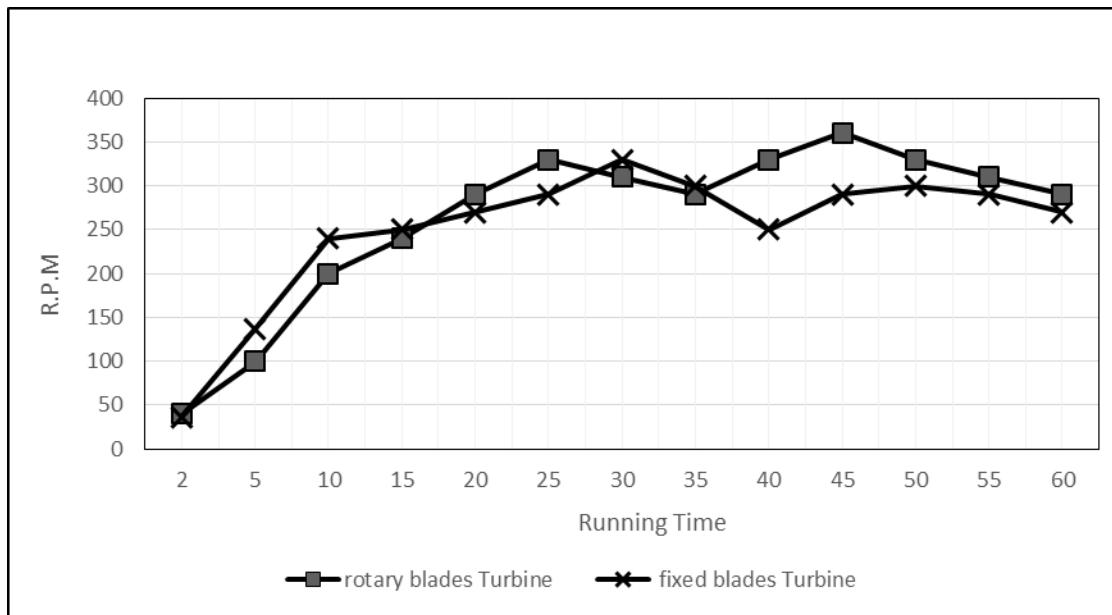


**Figure 7: Conduct household experiments of the turbine**

#### **4- Experiments Results and discussion**

In order to monitor the acceleration of the both turbine, two experimental time-series were recorded for each of the two cases. The turbine was subjected to wind at speed of 2.7 m/s. The overall time length of the experiment was 30 minutes. The reading time step was 5 second. The rotation per minute were plotted against the time for the two cases as it is shown in diagram (1).

#### **Diagram 1. Test the turbine**

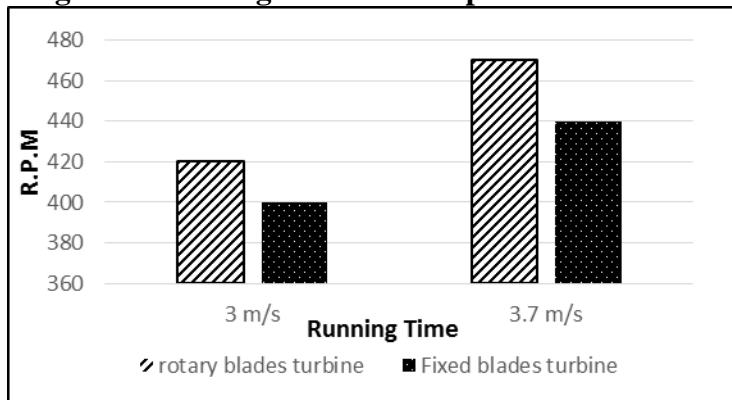


The plots in the diagram 1 shows that in the first 10 seconds the fixed blades turbine reach rotation speed 240 rpm while the movable one reach only 200 rpm. After 5 second the difference in the rotation speed is decreasing. At the second 17<sup>th</sup>, the both rotation speeds become the same. After that the the movable blades turbine begins to overcome the fixed blades turbine,

At the second 20<sup>th</sup>, the RPM of the movable blades turbine is increasing until reach 290 r.p.m while the fixed one is 270 rpm. In the remaining 40 second, the movable blade rotation is between the range 290-360 rpm, while the fixed blades turbine within the range between 250-330 rpm.

The same data were recorded again at higher wind speed. The wind speed was 3 m/sec. the experiment was repeated again at wind speed of 3.7m/sec. the results of the two experiments are shown in the diagram 2.

**Diagram 2. The highest rotation speed of the VAWT**



Clearly, the plotted data shows that the movable blades turbine was accelerated noticeably higher than the fixed blades turbines, the increase in the acceleration was approximately 5% at wind speed of 3 m/sec while the increase was 7% at wind speed of 3.7 m/sec. The increase in the rotation speed is due to the increase in the torque and in the positive force.

## CONCLUSION RECOMMENDATIONS



In this work, vertical axis wind turbine with movable blade was investigated experimentally. For this, a small scale wind turbine was fabricated using simple and low cost material. Fiberglass mate were used for blades; while aluminum bars, circular and square sections, are used for the central axis and for holding arms. Some accessories for joints and connection parts are made from steel. The blades are allowed to rotate about axis parallel to the central one on a circular sector as low as 35 degree. This allows to transmit the aerodynamic force when it has a positive torque while the force that has a negative torque is eliminated. In order to test the efficiency of this configuration. An experimental work had been conducted using simple devices. The experimental results were recorded for two cases. The first case the blades were moveable while the second case the blades were fixed. The results showed that at high wind speed the movable blades VAWT accelerate higher than that fixed one. The reason for this could be that the blades at low speed generate low torque and not enough to rotate the blade about its rotational axis. The solution for this could be made by reducing the bearing friction or by increasing the torque by increasing the distance between the central point of the blade and the its rotational axis. For more investigation, many parameters need to be selected based on more experimental or numerical investigation such as the number of blades, radius of the curvature. The ratio between the span of the blade and the chord and the external diameter.

## REFERENCES

1. The National Academies Press (2010) The power of renewable: opportunities and challenges for China and United States. [http://www.nap.edu/openbook.php?record\\_id=12987&page=15](http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=12987&page=15)
2. World Bank (1999) Meeting the challenge for rural energy and development. The World Bank [http://www.worldbank.org/html/fpd/energy/e4\\_files/rural.pdf](http://www.worldbank.org/html/fpd/energy/e4_files/rural.pdf)
3. Beri, H.; Yao, Y. Double Multiple Stream Tube Model and Numerical Analysis of Vertical Axis Wind Turbine. *Energy Power Eng.* 2011, 3, 262–270. [CrossRef]
4. Walker, S.L. Building mounted wind turbines and their suitability for the urban scale—A review of methods of estimating urban wind resource. *Energy Build.* 2011, 43, 1852–1862. [CrossRef]
5. Kianifar, A., Anbarsooz, M., 2011. “Blade curve influences on the performance of Savonius rotors: experimental and numerical,” Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy 225, pp. 343-350.
6. Sargolzaei, J., Kianifar, A., 2009. Modeling and Simulation of Wind Turbine Savonius Rotors Using Artificial Neural Networks for Estimation of the Power Ratio and Torque, *Simulation Modelling Practice and Theory* 17, pp. 1290-1298.
7. Li, Y., Feng, F., Li, S., Han, Y., 2010. “Computer simulation on the performance of a combined-type Vertical axis wind turbine,” Proceedings of the International Conference on Computer Design and Applications 4, IEEE Xplore, pp. 247-250.
8. L. Li, “Vibrations Analysis of Vertical Axis Wind Turbine,” Master’s thesis, Massey University, 2012.
9. Savonius SJ. The SeRotor and its applications. *Mech Eng* 1931;53(5):333e8.
10. Darrieus G. Turbines having its rotating shaft transverse to the flow of the current. US patent no. 1835 0181931.
11. Hill N, Dominy R, Ingram G, Dominy J. Darrieus turbines: the physics of selfstarting.



- Proc Inst Mech Eng Part A J Power Energy 2009;223(1):21e9.
- 12. H. Song, Y. Liu and N. Blitterswyk, United States Patent No. US20120099997-A1 (2012).
  - 13. L. J. Bailey and J. T. Bailey, United States Patent No. US8432056-B2 (2013).
  - 14. W. T. Chong, Y. Y. Kong and L. L. Tan, Patent No. WO2010098656-A3 (2011).
  - 15. A. De Marco, D. P. Coiro, D. Cucco and F. Nicolosi, "A numerical study on a vertical-axis wind turbine with inclined arms", International Journal of Aerospace Engineering **2014** (2014).



## INVESTIGATION OF ENERGY AND EXERGY EFFICIENCY OF PEM FUEL CELL AT DIFFERENT OPERATING CONDITIONS

Muhammet OZDOGAN

Ondokuz Mayıs University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering

muhammet.ozdogan@omu.edu.tr

Lütfü NAMLI

Ondokuz Mayıs University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering

Inamli@omu.edu.tr

Aydın DURMUŞ

Ondokuz Mayıs University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering

adurmus@omu.edu.tr

**ABSTRACT:** In this study, a three-dimensional model was developed to investigate the effect of working pressure and temperature on the energy and exergy efficiency of a single fuel cell. For the cell potential between 0,4 V and 0,8 V, energy and exergy efficiency and the amount of energy and exergy power were calculated. When the results obtained are examined; together with the increase of the working pressure, the amount of energy and exergy consumed increases but the energy and exergy efficiency decreases. If the effect of temperature is considered, the lowest amount of energy and exergy is obtained at the temperature of 353,15 K and the highest amount of energy and exergy is obtained at the temperature of 333,15 K. At temperatures of 353,15 K and 333,15 K, efficiencies are close to each other and higher than which obtained at 313,15 K.

**Key words:** PEM fuel cell, energy and exergy analysis, efficiency, numerical modeling

## PEM YAKIT HÜCRESİNİN ENERJİ VE EKSERJİ VERİMLERİNİN FARKLI ÇALIŞMA KOŞULLARINDA İNCELENMESİ

**ÖZET:** Bu çalışmada, tek hücreli yakıt hücresinde, çalışma basıncının ve sıcaklığın hücrenin enerji ve ekserji verimine etkisini incelemek amacıyla üç boyutlu model geliştirilmiştir. 0,4 V ile 0,8 V arasındaki hücre potansiyeli için birim zamanda harcanan enerji ve ekserji miktarları ile enerji ve ekserji verimleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde; çalışma basıncının artmasıyla beraber harcanan enerji ve ekserji miktarı artmakta, enerji ve ekserji verimleri ise azalmaktadır. Sıcaklığının etkisi ele alınacak olursa 353,15 K sıcaklığında en düşük enerji ve ekserji miktarı, 333,15 K sıcaklığında ise en yüksek enerji ve ekserji miktarı elde edilmiştir. 353,15 K ve 333,15 K sıcaklıklarındaki enerji ve ekserji verimleri birbirine yakın çıkmış, 313,15 K sıcaklığındaki enerji ve ekserji verimi ise düşük çıkmıştır.

**Anahtar sözcükler:** PEM yakıt hücresi, enerji ve ekserji analizi, verim, sayısal modelleme



## GİRİŞ

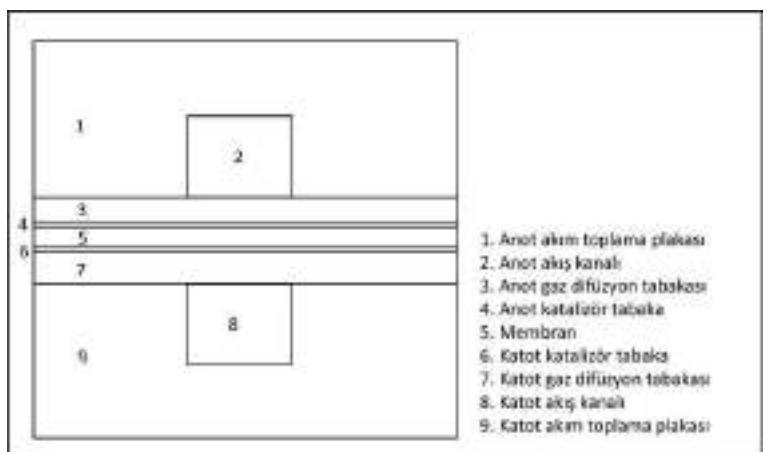
Dünyadaki enerji tüketimine bakıldığından, tüketilen enerji miktarı her geçen gün artmaktadır (Sungur, 2017). Enerji tüketiminin artmasının yanında çevreye zararlı gazların salınımı da artış göstermektedir. Enerji arzının ve insan sağlığının güvenliği için, enerji kaynaklarının verimli ve çevreye duyarlı olarak kullanımı önem arz etmektedir. Yakıt hücreleri, herhangi bir yanma gerçekleşmeksiz elektrik enerjisi üreten elektrokimyasal dönüştürücülerdir. Yakıt hücrelerinde kimyasal reaksiyon sonucunda doğrudan elektrik enerjisi üretildiğinden, yakıt hücrelerinin verimleri yüksektir. Yanma olmadığından dolayı da yakıt hücreleri çevre dostudur. PEM (Polimer Elektrolit Membran) yakıt hücreleri yüksek verimli ve çevre dostu olmasından ve düşük çalışma sıcaklıklarından dolayı tercih edilmektedir.

Kazim (2004), yapmış olduğu çalışmada, 10 kW PEM yakıt hücresi için, değişken işletme sıcaklıklarında, basınçlarında ve hücre voltajlarında ekserji analizi yapmıştır. Çalışma sıcaklığı, basınç, hücre voltajı ve hava stokiyometrisinin yakıt hücresinin ekserji veriminde önemli olduğunu belirtmişlerdir. Ekserji veriminin hesaplanması çıkış gücünün reaktant ve egzoz gazlarının ekserjileri arasındaki farka oranı kullanılmıştır. Çalışma sıcaklıklarının ve çalışma basınçlarının artması hücrenin ekserji verimini iyileştirdiğini belirtmiştir. Hanapi ve ark. (2015), yapmış oldukları çalışmalarında; 1 kW (PEM) yakıt hücresi motor sistemi ile çalışan bir mini şehir aracının ekserji analizini yapmışlardır. Çalışma sıcaklıklarının ve basınçların 1 kW PEM yakıt hücresi motorunun ekserji verimine etkisini incelemiştir. Yakıt hücresi sisteminin genel ekserji verimliliğinin % 61,3 olduğu gözlemlendi. Çalışmanın sonucu, çalışma sıcaklığında ve basınçında bir artışın, sistemin ekserji verimliliğinde bir artışa neden olduğunu belirtmişlerdir. Ni ve ark. (2007), çalışmalarında, bir PEM elektrolizör tesisi tarafından hidrojen üretiminin termodinamik-elektrokimyasal özelliklerinin araştırılması için enerji ve ekserji analizi yapılmıştır. Çalışma sıcaklığının artmasıyla, enerji miktarının ve hücre potansiyelinin azaldığını, enerji veriminin ise arttığını belirtmişlerdir. Membran kalınlığının artması sonucunda hücre potansiyelinin arttığını enerji veriminin ise azaldığını belirtmişlerdir. Hussain ve ark. (2009), PEM yakıt hücresi ile çalışan hafif yük vasıtası için enerji ve ekserji analizine dayanan bir termodinamik modelleme gerçekleştirmiştir ve değişken çalışma koşullarının sistemin enerji ve ekserji verimliliği üzerindeki etkisini incelemiştir. Yığın çalışma sıcaklığının ve basınçının artması ile sistemin hem enerji hem de ekserji veriminin arttığını belirtmişlerdir. Hava stokiomirisinin artması ile enerji ve ekserji verimliliklerinde belirgin bir artış görülmemiğini belirtmişlerdir. Barelli ve ark. (2011), yapmış oldukları çalışmada, PEM yakıt hücresine dayalı bir mikro kojenerasyon sistemini ele almışlardır. Yakıt hücresinin farklı çalışma koşullarında (sıcaklık, basınç ve bağıl nemin değişmesi) enerji ve ekserji analizi yapmışlardır

## YÖNTEM

Yapılan çalışmada, önden görünüşü Şekil 1'de verilmiş olan PEM yakıt hücresi üç boyutlu ve kararlı olarak FLUENT 6.3 programının PEM modülü kullanılarak modellenmiştir. Oluşturulan hücre geometrilerinin eleman boyutları ise Tablo 1'de verilmiştir. Matematiksel model oluşturulurken, çözümün kolaylaştırılması için bazı kabuller yapılmıştır. Yakıt hücresinin kararlı olarak çalıştığı varsayılmıştır. Reaktant gazları ideal gaz olarak kabul edilmiş ve suyun yalnız buhar fazında olduğu kabul edilmiştir. Membranın gaz geçirgenliğinin olmadığı düşünülmüş ve gazların çapraz geçiş'i ihmal

edilmiştir. Gaz difüzyon tabakasının, katalizör tabakanın ve membranın izotropik olduğu kabul edilmiştir.



**Şekil 1. Yakıt Hücresinin Yapısı**

**Tablo 1. Yakıt Hücresinin Bileşenlerinin Boyutları**

Bileşenin Adı	Biri	Değ
Kanal uzunluğu	mm	50
Kanal boyu	mm	1
Kanal eni	mm	1
Akim toplama plakası (ATP)	mm	2
Gaz difüzyon tabakası kalınlığı	mm	0,3
Katalizör tabakası kalınlığı	mm	0,01
Membran kalınlığı	mm	0,05
Hücre eni	mm	3

### Korunum Denklemleri

PEM yakıt pilinin analizi için, kütle, momentum ve enerji korunum denklemlerinin ve elektrokimyasal denklemlerin sınır ve başlangıç koşulları ile çözülmesi gerekmektedir. Fluent programının kullandığı korunum denklemleri aşağıdaki eşitliklerde tanımlanmıştır:

Kütlenin korunum denklemi;

$$\nabla \cdot (\varepsilon \rho \vec{u}) = 0 \quad (1)$$

olarak tanımlanmıştır.

Momentumun korunum denklemi;

$$\nabla \cdot (\varepsilon \rho \vec{u} \vec{u}) = -\varepsilon \nabla p + \nabla \cdot (\varepsilon \mu \nabla \vec{u}) + S_u \quad (2)$$

şeklindedir. Eşitlik 2'de,  $S_u$  terimi, dış kuvvetleri sembolize etmektedir ve Tablo 2'de tanımlanmıştır.

Enerjinin korunum denklemi;



$$\nabla \cdot (\varepsilon \rho \vec{u} h) = \nabla \cdot (k \nabla T) + S_h \quad (3)$$

şeklinde kullanılmıştır. Burada,  $h$ , entalpi,  $k$ , ısı iletim katsayısı büyüklükleridir.  $S_h$  terimi ise termal kaynak terimidir ve her bir çözüm bölgesi için Tablo 2'de verilmiştir.

Tür konsantrasyon denklemi;

$$\nabla \cdot (\varepsilon \vec{u} C_k) = \nabla \cdot (D_k^{eff} \nabla C_k) + S_k \quad (4)$$

şeklindedir. Eşitlikte,  $S_k$ , kaynak terimidir ve Tablo 2'de verilmiştir. Eşitlikteki gaz tür diffüzivitesi  $D_k^{eff}$ , aşağıdaki eşitlikte tanımlanmıştır.

$$D_k^{eff} = \varepsilon^{1.5} D_k \quad (5)$$

Proton ve elektron transfer denklemi;

$$\nabla \cdot (\sigma_m \nabla \phi_m) = S_i \quad (6)$$

$$\nabla \cdot (\sigma_s \nabla \phi_s) = S_e \quad (7)$$

şeklinde tanımlanmıştır. Eşitlik 6'daki  $\sigma_m$ , iyonik iletkenlik,  $\phi_m$ , membran potansiyeli ve  $S_i$  iyonik kaynak terimleridir. Eşitlik 7'de  $\sigma_s$ , elektriksel iletkenlik,  $\phi_s$ , elektriksel potansiyel ve  $S_e$ , elektriksel kaynak terimidir. Eşitliklerdeki kaynak terimleri Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2. Kaynak Terimleri**

Bileşen / Kaynak terim	$S_u$ (Momentum )	$S_h$ (Enerji)	$S_k$ (Tür)	$S_e$ (Potansiyel )	$S_i$ (Potansiyel )
Akim	0	0	0	0	0
Gaz	0	0	0	0	0
Gaz difüzyon	$-\frac{\mu}{K} \varepsilon^2 \vec{u}$	0	0	0	0
Katalizö r tabaka	$-\frac{\mu}{K} \varepsilon^2 \vec{u}$	$h_{reaksiyon} + j_{a,c} \eta_{a,c} + \frac{i_s^2}{\sigma_s^{eff}} + \frac{i_m^2}{\sigma_m^{eff}} + h_{fac}$	$H_2 : -\frac{M_{H_2}}{2F} j_a$ $O_2 : -\frac{M_{O_2}}{4F} j_c$ $H_2O : \frac{M_{H_2O}}{2F} j_e - \frac{n_d M_{H_2O}}{2F} j_c$	$j$	$j$
Membra n	$-\frac{\mu}{K} \varepsilon^2 \vec{u}$	0	0	0	0

### Enerji ve Ekserji Analizi

Verim analizleri yapılmırken, PEM yakıt hücresinin girişi ile çıkışındaki potansiyel enerjinin değişimi ve kinetik enerji değişimi ihmal edilmiştir. Hücre boyunca sıcaklık değişimleri düşük olduğundan sıcaklık farkından dolayı olan enerji değişimleri ihmal edilmiştir. Yakıt hücrende reaktant gazlarının tamamı hücrede kullanılmamaktadır ve bir kısmı hücrede kullanılmadan egzoz gazlarıyla birlikte hücreden çıkmaktadır. Enerji ve ekserji analizi yapılmırken sisteme giren enerji ve ekserji miktarı olarak, anot ve katot gaz kanallarında



kütle girişi ile hücreye giren miktar ile hücreden çıkan miktar arasındaki fark alınmıştır. Bu çalışmada hücreye giren enerji ve ekserji miktarı, harcanan enerji ve ekserji miktarı olarak tanımlanmıştır. Hücreden elde edilen güç olarak hücrenin elektriksel gücü tanımlanmıştır.

Birinci yasa verimi, elektrik gücünün, birim zamanda sisteme giren enerjiye oranı olarak tanımlanmıştır ve aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanabilir.

$$\eta(I) = \frac{\dot{W}_e}{\dot{E}_{IN}} \quad (8)$$

Eşitlikte;  $\dot{W}_e$ , üretilen elektrik gücü ve  $\dot{E}_{IN}$ , birim zamanda sisteme giren enerji miktarıdır ve aşağıdaki eşiklikten hesaplanır.

$$\dot{E}_{IN} = \dot{E}_R - \dot{E}_P \quad (9)$$

Burada;  $\dot{E}_R$ , hücreye giren gazlardan dolayı sisteme birim zamanda giren enerji miktarı,  $\dot{E}_P$ , hücreden çıkan gazlardan dolayı sistemden birim zamanda çıkan enerji miktarıdır. Birim zamanda giren ve çıkan enerji miktarları aşağıda verilmiş olan eşitlik kullanılarak hesaplanır.

$$\dot{E} = \dot{n} \cdot e \quad (10)$$

Eşitlikte;  $\dot{n}$ , molar debi ve  $e$ , birim mol başına düşen enerji miktarıdır ve kimyasal ve fiziksel enerjinin toplamı olarak aşağıdaki eşitlikten hesaplanabilir.

$$e = e^{CH} + e^{PH} \quad (11)$$

İkinci yasa verimi, elektrik gücünün, birim zamanda sisteme giren ekserji miktarına oranı olarak, aşağıdaki eşitlikteki gibi tanımlanabilir.

$$\eta(II) = \frac{\dot{W}_e}{\dot{Ex}_{IN}} \quad (12)$$

Burada;  $\dot{Ex}_{IN}$ , sisteme giren enerji miktarıdır ve aşağıdaki eşiklikten hesaplanır.

$$\dot{Ex}_{IN} = \dot{Ex}_R - \dot{Ex}_P \quad (13)$$

Eşitlikte;  $\dot{Ex}_R$ , hücreye giren gazlardan dolayı sisteme birim zamanda giren ekserji miktarı,  $\dot{Ex}_P$  ise hücreden çıkan gazlardan dolayı sistemden birim zamanda çıkan ekserji miktarıdır ve aşağıda verilmiş olan eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\dot{Ex} = \dot{n} \cdot ex \quad (14)$$

Eşitlik 14'te,  $\dot{n}$ , birim zamanda geçen akışkan mol sayısı,  $ex$ , birim mol başına düşen enerji miktarıdır ve kimyasal ve fiziksel ekserjilerin toplamı olarak aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.



$$ex = ex^{CH} \cdot ex^{PH} \quad (15)$$

Eşitlikte,  $ex^{PH}$ , fiziksel ekserji ve  $ex^{CH}$ , kimyasal ekserjidir. Gazların ideal gaz olduğu kabul edildiğinden, fiziksel ekserji aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır.

$$ex^{PH} = c_p T_o \left[ \frac{T}{T_o} - 1 - \ln\left(\frac{T}{T_o}\right) + \ln\left(\frac{P}{P_o}\right)^{\frac{k-1}{k}} \right] \quad (16)$$

Gazların kimyasal ekserjisi aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$ex^{CH} = \sum x_n e_n^{ch} + RT_0 \sum x_n \ln x_n \quad (17)$$

Burada,  $x_n$ , gazın mol oranı ve  $e_n^{ch}$ , özgül kimyasal enerjidir.

## Sınır Koşulları

Sonlu hacim yöntemiyle ayrılaştırılan denklem takımlarının çözülebilmesi için çözüm bölgelerinin, sınır ve başlangıç koşullarının tanımlanmış olması gerekmektedir. Hücrede kütle giriş çıkışının sadece gaz kanallarından olduğu kabul edilmiştir. Kanal girişlerinde kütle giriş sınır şartı tanımlanmış kanal çıkışlarında ise basınç tanımlı sınır şartı tanımlanmıştır. Yakıt hücresinin kanal giriş ve çıkışlarının dışında kalan yüzeylerinde duvar sınır şartı tanımlanmıştır. Anot tarafındaki kanalın giriş kesitinden,  $3 \times 10^{-7}$  kg.s<sup>-1</sup> debide ve incelenen sıcaklıkta (333,15 K, 343,15 K ve 353,15 K) kütle kesirleri H<sub>2</sub>: 0,8, H<sub>2</sub>O: 0,2 olan gaz karışımının girdiği kabul edilmiştir. Katot tarafındaki kanaldan ise,  $4,46 \times 10^{-5}$  kg.s<sup>-1</sup> debide ve incelenen sıcaklıkta (333,15 K, 343,15 K ve 353,15 K) kütlesel kesirleri: N<sub>2</sub>: 0,7 O<sub>2</sub>: 0,2, H<sub>2</sub>O: 0,1 olan gaz karışımının girdiği kabul edilmiştir. Akım toplama plakasının dışındaki çözüm bölgeleri, akişkan olarak tanımlanmış, akım toplama plakası ise katı olarak tanımlanmıştır. Anot tarafı akım toplayıcı plakanın üst yüzeyinde ve katot tarafı akım toplayıcı plakanın alt yüzeyinde hücre potansiyeli için kaynak terimleri ve sabit yüzey sıcaklığı sınır şartları tanımlanmıştır. Yapılan analizlerde reaktantların nemlendirilme sıcaklıklarını ve hücre sıcaklıklarını eşit alınmıştır.

## Çözüm Yöntemi

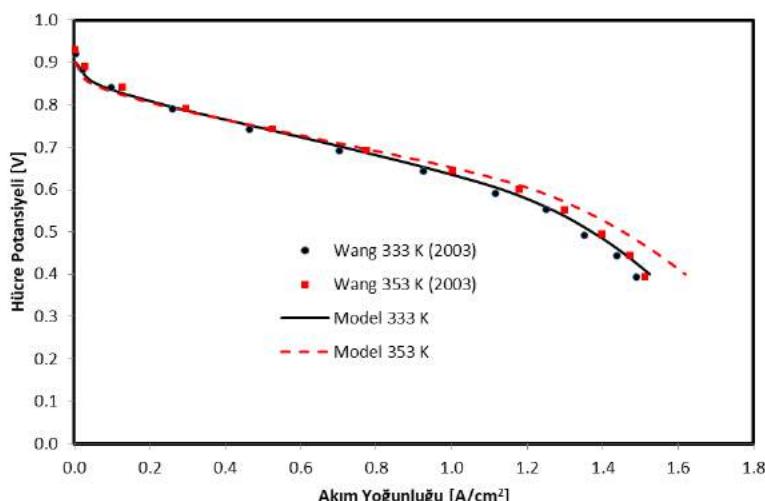
Çözümün başlangıç koşulu olarak, aynı tanımlanmış olan, reaktantların ve akım toplama plakalarının sıcaklıkları (333,15 K, 343,15 K ve 353,15 K), tüm hücrenin sıcaklığı olduğu kabul edilmiştir. Çalışma basıncı olarak ise 100 kPa, 200 kPa ve 300 kPa'lık çalışma basınçları tanımlanmıştır. Elektrokimyasal ve transfer özelliklerini de Tablo 5'deki gibi tanımlandıktan sonra program koşturulmuştur ve iterasyonlar, çözüm  $10^{-5}$  değerine yakınsayıcaya kadar devam etmiştir.

**Tablo 5. Elektrokimyasal ve Transfer Özellikleri**

Parametre [Birim]	Değer
Anot referans akım yoğunluğu [A.m <sup>-3</sup> ]	$1.5 \times 10^9$
Anot referans akım konsantrasyonu [kmol.m <sup>-3</sup> ]	1
Anot konsantrasyon üssü	0,5
Anot transfer katsavısı	2
<b>Gaz difüzyon tabakası gözenekliliği</b>	0,5

Katot referans akım yoğunluğu [A.m <sup>-3</sup> ]	$4 \times 10^6$
Katot referans akım konsantrasyonu [kmol.m <sup>-3</sup> ]	1
Katot konsantrasyon üssü	1
Katot transfer katsayısı	2
Katalizör tabakası gözenekliliği	0,5
Açık devre voltajı [V]	0,95
Hidrojen referans diffüzivitesi [m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> ]	$3 \times 10^{-5}$
Oksijen referans diffüzivitesi [m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> ]	$3 \times 10^{-5}$
Su buharı referans diffüzivitesi [m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> ]	$3 \times 10^{-5}$

Yapılan sayısal çalışmalaçalışmaların deneysel çalışmalarla doğrulanması gerekmektedir. Oluşturulan modelin doğrulanması için Wang ve ark.(2003)'nın yapmış oldukları deneysel çalışmalarındaki, 333 K ve 353 K reaktant ve hücre sıcaklığı, 300 kPa çalışma basıncı için bulmuş oldukları sonuçlar kullanılmıştır. Oluşturulan modelden elde edilen sonuçlar ile Wang ve ark.'ın bulmuş oldukları deneysel sonuçlardan elde edilen polarizasyon eğrileri Şekil 2'de verilmiştir. Şekle bakıldığından sonuçların, 1.3 A/cm<sup>2</sup> akım yoğunluğuna kadar uyuştuğu söylenebilir. 1,3 A/cm<sup>2</sup>'nin üstündeki akım yoğunluklarında ise model sonucunda daha yüksek hücre potansiyeli elde edilmiştir.



Şekil 2. Polarizasyon Eğrilerinin Deneysel Verilerle Karşılaştırılması

## BULGULAR

Analizler sonucu, üç farklı çalışma sıcaklığı ve üç farklı çalışma basıncındaki yakıt hücresinin enerji ve ekserji analizleri yapılmıştır. Sonuç olarak ise, harcanan enerji miktarının, enerji veriminin, harcanan ekserji miktarının ve ekserji veriminin hücre potansiyeline göre değişimleri verilmiştir.

Enerji analizi yapılması için hücrede harcanan enerji miktarı ve hücrenin enerji verimi hesaplanmıştır. 0,4 V ile 0,8 V arasındaki hücre potansiyeli için birim zamanda harcanan enerji miktarları ve hücrenin enerji verimi incelenmiştir. Dokuz farklı hücre potansiyeli için harcanan enerjinin miktar Tablo 4'de verilmiştir. Tablo incelendiğinde; en fazla harcanan enerji miktarının, sıcaklığın 333,15 K, çalışma basıncının 300 kPa ve hücre potansiyelinin 0,4 V olduğu durum için 5,63 W olduğu görülmektedir. En düşük enerji miktarının ise 0,171 W'lık değerle, sıcaklığın 333,15 K, çalışma basıncının 100 kPa ve hücre potansiyelinin 0,8 V olduğu durumda elde edilmiştir.

**Tablo 4. Harcanan Enerji Miktarı [W]**

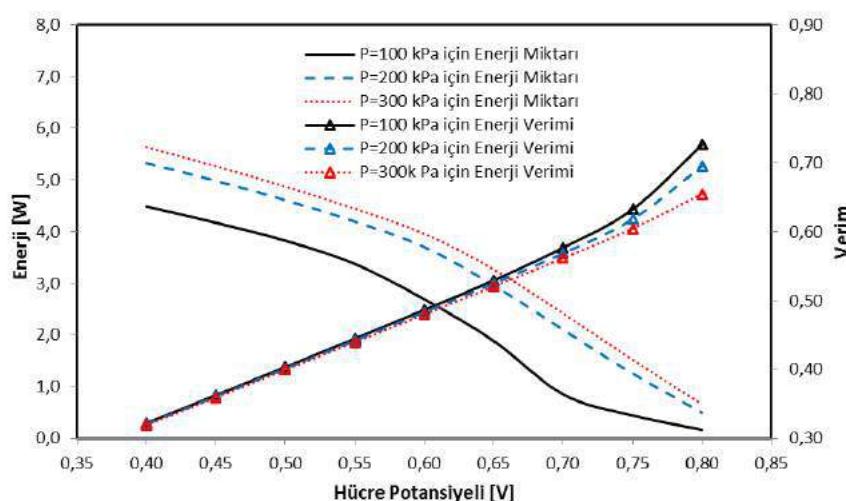
Hücre	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80
<i>T=333,15 K</i>									
P=100 kPa	4,484	4,171	3,822	3,375	2,691	1,886	0,853	0,445	0,171
P=200 kPa	5,323	4,981	4,607	4,194	3,700	2,961	2,101	1,256	0,500
P=300 kPa	5,630	5,263	4,870	4,441	3,958	3,271	2,415	1,522	0,662
<i>P=200 kPa</i>									
T=313,15 K	4,881	4,576	4,246	3,882	3,396	2,751	2,060	1,349	0,645
T=333,15 K	5,323	4,981	4,607	4,194	3,700	2,961	2,101	1,256	0,500
T=353,15 K	4,654	4,336	3,980	3,565	2,854	1,372	0,842	0,475	0,197

Tablo 5’de, dokuz farklı hücre potansiyelinde elde edilen enerji verimleri verilmiştir. Çizelge incelendiğinde; en yüksek enerji veriminin sıcaklığın 333,15 K, çalışma basıncının 100 kPa ve hücre potansiyelinin 0,8 V olduğu durum için 0,726 olduğu görülmektedir. En düşük enerji verimi ise hücre potansiyelinin, 0,4 V olduğu durumda elde edilmiştir.

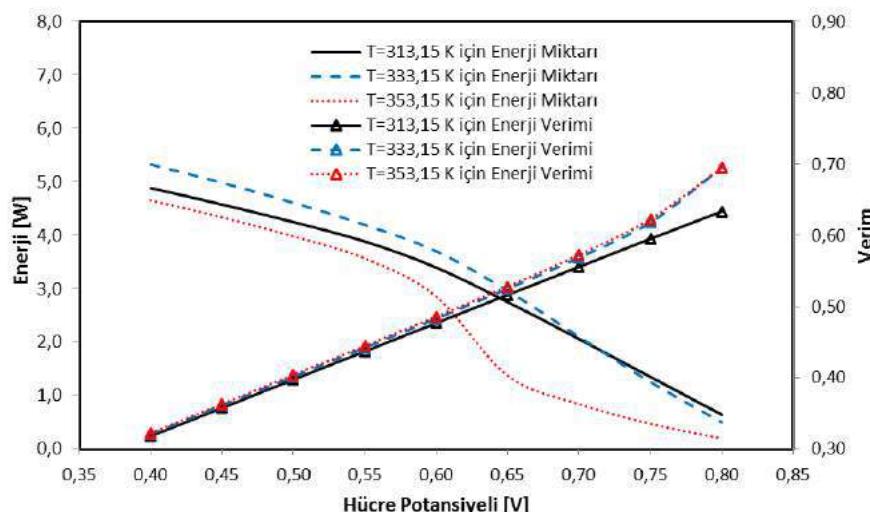
Şekil 3’te, sıcaklığın 333,15 K olması durumunda farklı çalışma basınçlarındaki harcanan enerji miktarının ve enerji veriminin hücre potansiyeline göre değişim eğrileri verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi çalışma basıncının artmasıyla beraber harcanan enerji miktarı artmakta, enerji verimi ise azalmaktadır. Hücre potansiyelinin düşük olduğu durumlarda çalışma basıncının enerji verimine etkisi belirgin şekilde düşük iken hücre potansiyelinin artmasıyla birlikte çalışma basıncının enerji verimine olan etkisi de artmaktadır.

**Tablo 5. Enerji Verimi**

Hücre	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80
<i>T=333,15 K</i>									
P=100 kPa	0,322	0,363	0,404	0,445	0,486	0,529	0,577	0,632	0,726
P=200 kPa	0,321	0,361	0,402	0,442	0,483	0,525	0,568	0,618	0,695
P=300 kPa	0,319	0,359	0,399	0,440	0,480	0,520	0,561	0,604	0,654
<i>P=200 kPa</i>									
T=313,15 K	0,318	0,358	0,397	0,437	0,477	0,516	0,556	0,595	0,633
T=333,15 K	0,321	0,361	0,402	0,442	0,483	0,525	0,568	0,618	0,695
T=353,15 K	0,322	0,363	0,404	0,445	0,486	0,528	0,572	0,622	0,695


**Şekil 3. Farklı Çalışma Basınclarındaki Enerji Miktarının ve Enerji Veriminin Değişimi**

Şekil 4'de ise 200 kPa çalışma basıncında ve farklı sıcaklıklardaki enerji miktarının ve enerji veriminin hücre potansiyeline göre değişim eğrileri verilmiştir. Sıcaklığının etkisi ele alınacak olursa, 353,15 K sıcaklığında en düşük enerji miktarı 333,15 K çalışma basıncında ise en yüksek enerji miktarı elde edilmiştir. 353,15 K ve 333,15 K sıcaklıklarındaki enerji verimleri birbirine yakın çıkmış, 313,15 K çalışma sıcaklığındaki enerji verimi ise düşük çıkmıştır.



**Şekil 4. Farklı Sıcaklıklardaki Enerji Miktarının ve Enerji Veriminin Değişimi**

Her bir parametrenin dokuz farklı hücre potansiyeli için harcanan ekserji miktarı Tablo 6'da verilmiştir. En fazla harcanan ekserji miktarının, sıcaklığın 333,15 K, çalışma basıncının 300 kPa ve hücre potansiyelinin 0,4 V olduğu durum için 5,306 W olduğu görülmektedir. En düşük ekserji miktarının ise 0,161 W lik değerle, sıcaklığın 333,15 K, çalışma basıncının 100 kPa kanal genişliğinin ve hücre potansiyelinin 0,8 V olduğu durumda elde edilmiştir.

**Tablo 6. Harcanan Ekserji Miktarı [W].**

Hücre	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80
<i>T=333,15 K</i>									
P=100 kPa	4,226	3,931	3,602	3,182	2,536	1,778	0,804	0,420	0,161
P=200 kPa	5,017	4,695	4,343	3,953	3,488	2,791	1,981	1,184	0,472
P=300 kPa	5,306	4,961	4,590	4,186	3,731	3,083	2,277	1,434	0,624
<i>P=200 kPa</i>									
T=313,15 K	4,618	4,329	4,017	3,672	3,213	2,603	1,949	1,276	0,610
T=333,15 K	5,017	4,695	4,343	3,953	3,488	2,791	1,981	1,184	0,472
T=353,15 K	4,383	4,083	3,748	3,357	2,687	1,292	0,793	0,447	0,186

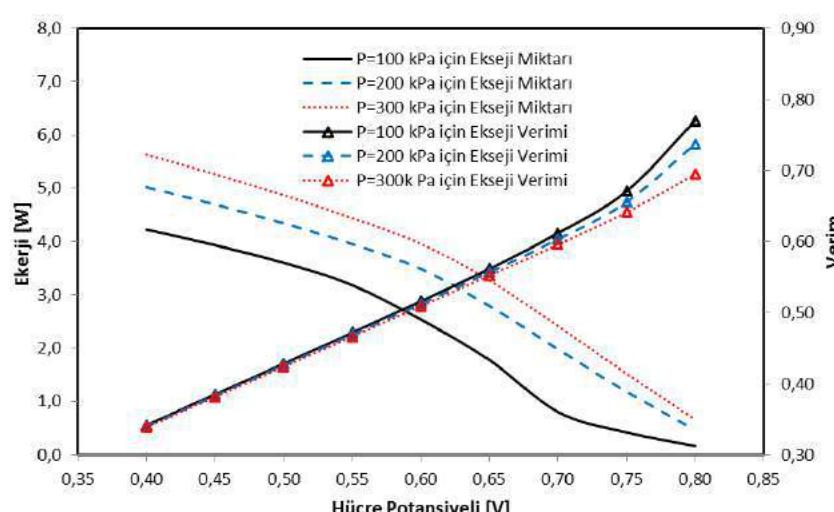
Tablo 7'de, ekerji verimleri verilmiştir. Tablo incelendiğinde; en yüksek ekserji verimin, sıcaklığın 333,15 K, çalışma basıncının 100 kPa ve hücre potansiyelinin 0,8 V olduğu durum için 0,770 olduğu görülmektedir. En düşük ekserji verimi ise, sıcaklığın 313,15 K, çalışma basıncının 200 kPa ve hücre potansiyelinin 0,4 V olduğu durum için 0,336 olduğu görülmektedir.

**Tablo 7. Ekserji Verimi**

Hücre	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80
<i>T=333,15 K</i>									
P=100 kPa	0,342	0,385	0,428	0,472	0,516	0,561	0,612	0,671	0,770
P=200 kPa	0,340	0,383	0,426	0,469	0,512	0,557	0,603	0,655	0,737

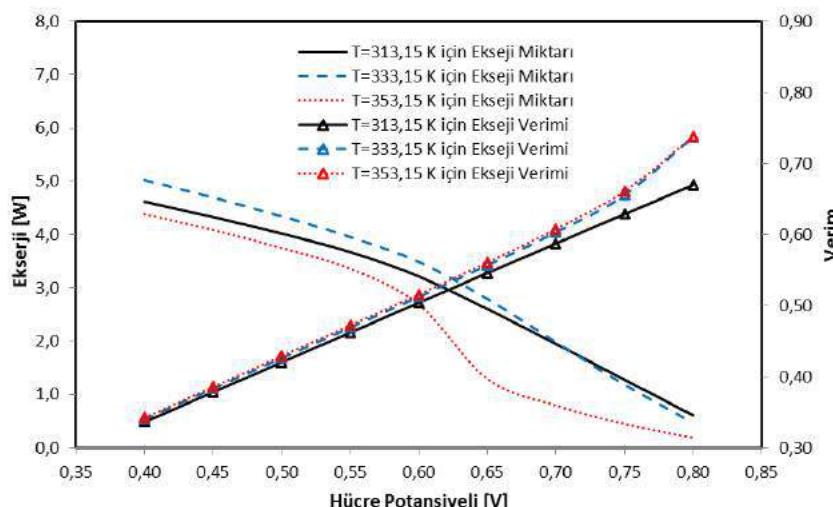
P=300 kPa	0.339	0.381	0.424	0.466	0.509	0.552	0.596	0.641	0.694
P=200 kPa									
T=313,15 K	0.336	0.378	0.420	0.462	0.504	0.546	0.587	0.629	0.670
T=333,15 K	0.340	0.383	0.426	0.469	0.512	0.557	0.603	0.655	0.737
T=353,15 K	0.342	0.385	0.429	0.472	0.516	0.561	0.608	0.661	0.738

Çalışma parametrelerinin ekserji verimine etkisinin incelenmesi amacıyla, 333,15 K sıcaklığındaki, üç farklı çalışma basıncı için hesaplanan ekserji miktarının ve ekserji veriminin hücre potansiyeline göre değişimi Şekil 5'de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere çalışma basıncının artmasıyla beraber harcanan ekserji miktarı artmaktadır, ekserji verimi ise azalmaktadır. Hücre potansiyelinin düşük olduğu durumlarda çalışma basıncının ekserji verimine etkisi belirgin düşük iken hücre potansiyelinin artmasıyla birlikte çalışma basıncının ekserji verimine olan etkisi de artmaktadır.



**Şekil 5. Farklı Çalışma Basınclarındaki Ekserji Miktarının ve Ekserji Veriminin Değişimi**

Şekil 6'da, çalışma basıncının 200 kPa olması durumunda, üç farklı çalışma sıcaklığındaki harcanan ekserji miktarının ve ekserji veriminin hücre potansiyeline göre değişim eğrileri verilmiştir. 353,15 K sıcaklığında en düşük ekserji miktarı, 333,15 K sıcaklığında ise en yüksek ekserji miktarı elde edilmiştir. 353,15 K ve 333,15 K sıcaklıklarındaki ekserji verimleri birbirine yakın çıkmış, 313,15 K sıcaklığındaki ekserji verimi ise düşük çıkmıştır.



**Şekil 6. Farklı Çalışma Basınçlarındaki Ekserji Miktarının ve Ekserji Veriminin Değişimi**

## SONUÇ

Bu çalışmada, çalışma basıncının ve sıcaklığın hücrenin enerji ve ekserji verimine etkisini incelemek amacıyla, tek hücreli yapıya sahip yakıt hücresi üç boyutlu olarak model geliştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, 0,4 V ile 0,8 V arasındaki hücre potansiyeli için birim zamanda harcanan enerji ve ekserji miktarları ile enerji ve ekserji verimleri hesaplanmıştır. Çalışma parametrelerinin hücre performansına etkisi incelediğinde; çalışma basıncının artmasıyla beraber harcanan enerji ve ekserji miktarı artmaktadır, enerji ve ekserji verimi ise azalmaktadır. Çalışma sıcaklığının etkisi ele alınacak olursa 353,15 K çalışma sıcaklığında en düşük enerji ve ekserji miktarı, 333,15 K çalışma sıcaklığında ise en yüksek enerji ve ekserji miktarı elde edilmiştir. 353,15 K ve 333,15 K çalışma sıcaklıklarındaki enerji ve ekserji verimleri birbirine yakın çıkmış, 313,15 K çalışma sıcaklığındaki enerji ve ekserji verimi ise düşük çıkmıştır.

## KAYNAKLAR

- Barelli, L., Bidini, G., Gallorini, F., & Ottaviano, A. (2011). An energetic-exergetic analysis of a residential CHP system based on PEM fuel cell. *Applied Energy*, 88, 4334-4342.
- FLUENT, Fluent User's Guide, Fluent Incorporated, Lebanon, NH, 2006.
- Hanapi, S. (2015). Exergy efficiency profile of a 1kW open cathode fuel cell with pressure and temperature variations. *Energy Procedia*, 79, 82-89.
- Hussaina, M. M., Baschuka, J. J., & Dincer, X. L. I. (2005). Thermodynamic analysis of a PEM fuel cell power system. *International Journal of Thermal Sciences*, 44, 903-911.
- Kazim, A. (2004). Exergy analysis of a PEM fuel cell at variable operating conditions, *Energy Conversion and Management*, 45, 1949-1961.
- Ni, M., Leung, M. K. H., & Leung, D Y C. (2007) Energy and exergy analysis of hydrogen production by solid oxide steam electrolyzer plant. *International Journal of Hydrogen Energy*, 32, 4648-4660.



Sungur, B., Özdoğan, M., Topaloğlu, B., & Namlı, L. (2017). Küresel enerji tüketimi bağlamında mikro kojenerasyon sistemlerinin teknik ve ekonomik değerlendirilmesi. *Engineer and Machinery*, 58(686), 1-20.

Wang, L., Husar, A., Zhou, T., & Liu, H. (2003). A parametric study of PEM fuel cell performances. *International Journal of Hydrogen Energy*, 28, 1263-1277.



## PERFORMANCE ANALYSIS OF MONOCRYSTALLINE POLYCRYSTALLINE, AMORPHOUS SILICON FOTOVOLTAIK PANELS IN DUZCE

Tuğba ÖZDEMİR  
Duzce University  
[tugbaozdemir238@gmail.com.tr](mailto:tugbaozdemir238@gmail.com.tr)

H.Muzaffer ŞAĞBAN  
Duzce University  
[h.m.sagban@gmail.com](mailto:h.m.sagban@gmail.com)

Doç.Dr.Özge TÜZÜN ÖZMEN  
Duzce University  
[ozgetuzun@duzce.edu.tr](mailto:ozgetuzun@duzce.edu.tr)

**ABSTRACT:** The main objective of this study was to investigate the performance of mono-crystalline , poly crystalline, and amorphous silicon photovoltaic (PV) panel according to climate conditions of Düzce in 2016. Accordingly the daily, monthly and annual energy outputs of the panels were calculated by means of mono-crystalline (2.35 kW), polycrystalline (2.64 kW), amorphous (2.40 kW) silicon, three different types of PV panels which were established at roof of Düzce University Scientific and Technological Researches Application and Research Center (DUBIT) in 2013. Statistical analysis was calculated relationship between performance ratios and yields of panel types, and amount of radiation and environmental temperature and panel temperature were confirmed . In addition that these performance values were compared to each month of 2016. The relationship between the yields and performance ratios for three types of panels were statically analyzed at different PV and ambient temperatures and solar radiation intensities. The results of our investigation that performance ratios and yields of PV panels were decreased statistical analysis of 2016. And thus it was observed that the performance of the Mono-Si solar panel is better than that of Poly-Si and Amorph-Si for in Duzce.

**Keywords:** PV systems, PV panel types, renewable energy,yield factor, climate conditions



## EFFECT OF TUNCELİ GARLIC (*Allium tuncelianum*) ON CETYLCHOLINESTERASE (AChE) ENZYME ACTIVITY IN *Cyprinus carpio* EXPOSED TO CHLORPYRIFOS

Aysegül PALA  
Munzur Ünivetsity  
[asevim@munzur.edu.tr](mailto:asevim@munzur.edu.tr)

Engin ŞEKER  
Munzur Ünivetsity  
[enginseker@munzur.edu.tr](mailto:enginseker@munzur.edu.tr)

M. Enis Yonar  
Firat Üniversity  
[meyonar@firat.edu.tr](mailto:meyonar@firat.edu.tr)

**ABSTRACT:** In this study, the effect of Tunceli garlic (*Allium tuncelianum*) on the activity of acetylcholinesterase enzyme in *Cyprinus carpio* exposed to organophosphate insecticide chlorpyrifos (CPF) was investigated. The 96 hour LC<sub>50</sub> value for *C. carpio* of CPF was calculated to be 0.230 mg / L. The sublethal concentration of CPF (1/8 of LC50: 0.029 mg / L) and two different doses of Tunceli garlic (S1: 20 g / kg feed, S2: 40 g / kg feed) were applied to the fish for 21 days. Brain tissues were taken from the fishes on days 7, 14 and 21 of the study. AChE enzyme activity was determined in tissue samples. In CPF-treated fish, the AChE enzyme activity was lower than in the control group while in the treatment group Tuncel garlic was found that, the control level of AChE enzyme activity. Tunceli garlic has been found to substantially prevent the AChE inhibition caused by the CPF.

**Key words:** *Cyprinus carpio*, Chlorpyrifos, AChE, Tunceli Garlic.

## CHLORPYRİFOS UYGULANAN *Cyprinus carpio*'DA TUNCELİ SARIMSAĞI (*Allium tuncelianum*)'NIN ASETİLKOLİNESTERAZ (ACHE) ENZİM AKTİVİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

**ÖZET:** Bu çalışmada, organofosfatlı insektisit chlorpyrifos (CPF) uygulanan *Cyprinus carpio*'da Tunceli sarımsağı (*Allium tuncelianum*)'nın asetilkolinesteraz (AChE) enzim aktivitesi üzerine etkisi araştırıldı. CPF'un *C. carpio* için 96 saatlik LC<sub>50</sub> değeri 0,230 mg/L olarak hesaplandı. CPF'un sublethal konsantrasyonu (LC<sub>50</sub> değerinin 1/8'i : 0,029 mg/L) ve Tunceli sarımsağının iki farklı dozu (S1: 20g/kg yem, S2: 40g/kg yem) balıklara 21 gün süreyle uygulandı. Çalışmanın 7., 14. ve 21. günlerinde balıklardan beyin dokuları alındı. Alınan doku örneklerinde AChE enzim aktivitesi belirlendi. CPF uygulanan balıklarda AChE enzim aktivitesinin kontrol grubuna göre düşük olduğu, Tunceli sarımsağı verilen tedavi gruplarında ise AChE enzim aktivitesinin kontrol düzeyine çıktığı saptanmıştır. Tunceli sarımsağının CPF'un neden olduğu AChE inhibisyonunu büyük ölçüde engellediği tespit edilmiştir.

**Anahtar sözcükler:** *Cyprinus carpio*, Chlorpyrifos, AChE, Tunceli Sarımsağı.



## MONITORING NETWORK RESOURCES IN SOFTWARE DEFINED NETWORKING (SDN) ENVIRONMENT

Nihad Khalid ABDULLAH

Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Graduate School of Natural and Applied Sciences  
nihad.abdullah@gmail.com

Ibrahim Taner OKUMUS

Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Computer Engineering  
iokumus@ksu.edu.tr

**ABSTRACT:** Software defined networking (SDN) is a new concept in networking where network devices are controlled by a logically centralized entity called controller. Forwarding decisions are made by controllers. In this new concept controllers need to be aware of the network resources to make decisions about forwarding, traffic engineering, load balancing etc. In this study, we design and analyze network resource monitoring system in an SDN environment. Network resources we monitor are utilized bandwidth, latency and packet loss. In this study, we used Floodlight as the controller. Floodlight has Statistics module to monitor bandwidth usage. We extended this module to also get loss and erroneous packet information. We also added latency monitoring capacity into the module. Using Openflow, we collected bandwidth utilization, packet loss and latency information from network elements in different time scales and analyzed the correctness and efficiency of the monitoring in SDN environment directly from controller.

**Key words:** Floodlight, Openflow 1.3, Mininet, OpenVswitch, Virtualization.

## INTRODUCTION

Software Defined Networking (SDN) separate the control plane from the data plane. The control plane functions are handled by the entity called the controller that can be centralized or distributed. The controller communicates with network devices to gather information from them and also to push configuration information to them. In SDN nomenclature communication that happens between controller and switch devices is called southbound communication. One technique that allows the control plane to communicate with networking devices is OpenFlow. OpenFlow is an open source frame established in 2008 at Stanford University and since 2011 widened within the Open Networking Foundation (ONF). OpenFlow is a protocol that is designed specifically for SDN. OpenFlow development began in mid-2008 when McKeown et al. [1] suggested another protocol for SDN. Starting there, the convention was viably surveyed on points of view, for instance, application programming [2], supported message rate [3], and handling of flows per second [4]. The significant component of the convention, the Controller, is executed through parallel activities. Examples of such controllers are NOX, Beacon and Floodlight. Researchers essentially focus around enhancing the capabilities of a particular Controller like Maestro [5] and NOX [6] or showing the improvements provided by OpenFlow towards a big L2 switch [7].

*Connection utilized by an OpenFlow switch and its Controller to convey is of essential significance while dimensioning a system or assessing its exhibitions [8]. Usually the Controller resides in a different machine that oversees tens or many switches. It would*



*thus be able to be far off, regarding latency, from the components it controls, particularly when OpenFlow is employed for remote work networks [9] or datacenters interconnection.*

A key need for organizing network is keeping in mind to accomplish QoS and traffic engineering is exact traffic characteristics needs to be known which can be achieved through network resource monitoring. In the previous decade, network monitoring has been a live domain of research, especially in light of the fact that it is hard to recover on the web and exact estimations in IP networks because of the huge number and volume of traffic flows and the intricacy of conveying an estimation framework [1]. Many flows based evaluation strategies consume too much resources (bandwidth, CPU) because of the fine-grained monitoring requests, while other observing arrangements require substantial interests in gear sending and plan organization. Or maybe, Internet Service Providers (ISPs) overprovision their capacity to meet QoS necessities [10]. TE needs granular continuous monitoring data to process the most productive steering choices.

While SDN recommendations - particularly OpenFlow [11] – suggest use of programming interfaces to execute fine-grained TE, no entire OpenFlow-based monitoring proposition has yet been actualized. OpenFlow presents interfaces that enable controllers to request for information from the network devices. The controller gets the connection data from all network devices on the network and in light of the received data, the controller can build up the network topology. At that point switches get a flow table from the controller. If a switch gets a packet from a flow which doesn't have a corresponding rule in the flow table, the switch transmits the packet to the controller. The controller creates a forwarding rule and afterward pushes it to the switch. A controller can erase, add, and refresh forwarding rules in flow tables, both interactively and proactively.

In this study, we analyze the resource monitoring capabilities of OpenFlow protocol. Utilizing the available properties, we monitor bandwidth, packet loss rate, erroneous packets and link latencies in different time granularities to analyze the accuracy and efficiency of these tools. We use Floodlight as the controller. OpenFlow has functionalities to gather online throughput, delay and packet loss information which can be used for traffic engineering. We extend the available modules in Floodlight to use these functionalities for monitoring network resources.

## RELATED WORK

OpenFlow protocol provides functionality to query switches for the quantity of bytes or packets transmitted and received on a specific port of a switch. OpenTM measures activity framework at the network level by directing the occasional surveying on a solitary switch on each flow way and after that joining the estimations [12]. Surveying a solitary switch does not force material load on the system, but rather may influence precision if the switch is not painstakingly picked. Jose et al [12] recognize substantial hitters by consistently adjusting surveying guidelines to concentrate on the streams that will probably have high volume. Both methodologies need to precisely plan estimations to restrict the surveying overhead.

The authors of [13] demonstrated that brought together controller design will interfere with network traffic and stream asks for in the event of controller failure. In particular, they proposed a conveyed engineering SiBF, which comprises of a multitude of rack directors (RMs), one for each rack, going about as controllers. Subsequently, when the ace controller fails, flow requests are dealt with by another standby controller (RM) until the



point when the ace controller returns up. If there should be an occurrence of switch failure, SiBF puts in new mappings (new go down flow passages) in the ToR switches for every dynamic section.

sFlow [14] works comparatively and has the preferred standpoint to give the specialists "a chance to push" their counters. This implies less parcels are expected to get the applicable information as there is no requisite. A sFlow traffic analyzer is as yet expected to gather the information and a specialist must be placed in each switch. There is additionally the absence of flexibility gave by our answer and the way that sFlow utilizes parcel inspecting (one in each 200 to 2000 packets is analyzed). While it is helpful in a network administration setting, it is not taking into account our requirements for a responsive network. Different traffics, for example, OpenSAFE [15] utilize traffic duplication to monitor the network, including a high overhead while FlowSense [16] utilize a push instrument to dissect interface use latently; it is an effective strategy yet not to decide latency.

The authors in [17] actualized OpenNetMon to monitor latency, productivity and packet loss in OpenFlow systems. This application permits deciding on the web whether the point to point, QoS parameters are satisfactory. At that point, the application sends the data in respect to productivity, delay and packet loss to the controllers for Traffic Engineering (TE). The productivity and packet loss are acquired from the surveying flow source and destination switches.

A NetFlow [18] empowered gear intermittently sends data to a NetFlow Collector, a server which can be questioned to get to these data. Furthermore, independent NetFlow tests can be sent into the network to gather data by taking advantage of a connection. NetFlow predominantly concentrates on layer 3 network associations; since we fundamentally utilize layer 2 switches, it is not specifically appropriate for the expected situation. Moreover, the NetFlow engineering puts the multifaceted nature onto the switches (and their NetFlow operators) and setup can rapidly end up plainly confused, restricting the adaptability. Conveying tests can raise its own particular issues, for example, where to put them and what number of are important to cover the network.

### **MONITORING RESOURCES IN SDN**

Generally, a wide range of observing methods is utilized as a part of the networking system. Each estimation strategy requires a different equipment establishment or programming setup, making it a dreary and costly assignment to actualize. Notwithstanding, OpenFlow gives important interfaces to execute the majority of the examined techniques without the need of specialization.

By utilizing a portion of the OpenFlow convention messages portrayed in the OpenFlow determination [19], measurements gathering can be accomplished, computations can be made on the gathered information for particular purposes and perform latency monitoring, for example, delay estimation and so forth. Four types of messages used by the OpenFlow for giving solution are:

- **STATISTICS REQUEST:** Message sent from the controller to a switch requesting for its present arrangement of statistics for flows, ports, and so etc.



- STATISTICS REPLY: Message sent from a switch to the controller, in reply to a demand message.
- PACKET OUT: Message sent from the controller to a switch containing an information packet to be sent through at least one port (or an ID if the packet was cradled).
- PACKET IN: Message sent from a switch to the controller while experiencing an obscure packet (i.e. there is no comparing ingress in the switch's flow table).

System estimation strategies are by and large partitioned into two classes: passive and active techniques. Passive estimation techniques measure network traffic by monitor traffic for a particular message sorts to induce estimation esteems. The utility of passive estimations is that they don't create extra network overhead, and in this manner don't impact network activity. Tragically, passive estimations depend on introducing in-organization traffic monitoring, which is not achievable for all networks and require substantial ventures. Active estimations then again infuse extra packets into the network, checking their conduct. For instance, the prevalent application pings utilize ICMP packets to trustworthy decide the point-to-point association status and register round-trip time [20].

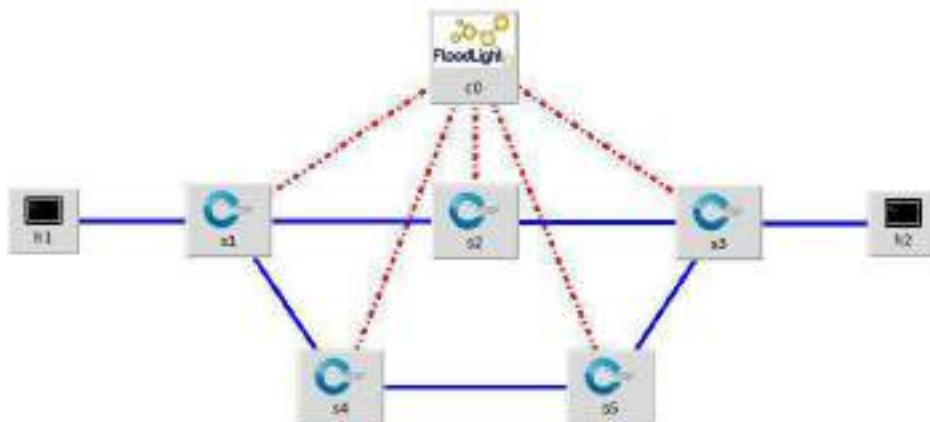
Both active and passive estimation plans are helpful to monitor network traffic and to gather measurements. In any case, one needs to choose which sort of estimation to utilize. For example, active estimations present extra network traffic influencing the network and in this manner impact the exactness of the estimations themselves.

Every now and again network estimates are performed on different layers. Estimations on the application layer are connected to decisively measure application execution. Network layer estimations utilize infrastructure foundation, (for example, switches and routers) to get statistics. This approach is not viewed as adequate for some as the estimation granularity is regularly restricted to port based counters. It does not have the capacity to contrast between various applications and traffic flows.

### *EXPERIMENT RESULTS AND APPRAISAL PERFORMANCE*

In our study, the monitoring module was implemented by extending Floodlight controller. Much SDN controllers have been developed since the entry of SDN [21]. However, one of the most diffused controllers is Floodlight. The Floodlight Open SDN Controller is an enterprise, Java-based OpenFlow Controller and open source. The latest release of Floodlight controller is the master version.

OpenFlow was utilized as the southbound protocol and OpenVswitch [22] was installed on Ubuntu 16.04 for establishing OpenFlow switches. In this environment, we utilize a topology consisting of five switches and two host for this experiment. (As shown in Figure 1).



**Figure 1. Performance Evaluation Topology**

Also, we utilized mininet emulator to establish topology in SDN. Mininet [23] is a network emulator which makes a network of virtual controllers, switches, hosts, and links. Mininet has run standard Linux organize programming, and its switches bolster OpenFlow for exceptionally adaptable custom directing and Software-Defined Networking. This process gives a most pliability and permits speedy growth and experiment of new OpenFlow specifications. OpenFlow Softswitch supports OpenFlow 1.3 and multiple controller & redundancy.

OpenFlow ports are the network system interfaces for transport packets between OpenFlow handling and whatever remains of the network. OpenFlow switches associate consistently with each other by their OpenFlow ports. An OpenFlow switch has various OpenFlow ports accessible for OpenFlow preparing. The arrangement of OpenFlow ports may not be indistinguishable to the arrangement of network interfaces put together with the switch equipment. Some network interfaces might be not empowered for OpenFlow, and the OpenFlow switch may characterize additional OpenFlow ports.

As ports are added, removed, and modified from the data path, the controller needs to be acquainted the (OFPT\_PORT\_STATUS) order message.

Keeping in mind the end goal to get switch statistics OpenFlow gives port level functionalities. Utilizing the characterized techniques, it is conceivable to get point by point statistics of a particular port on a chosen switch. At the point when a switch gets an "OFPortStatsRequest" message, it produces a reaction, which is the "OFPortStatsReply" message. This message contains the data acquired from the switch counters [24]. Port statistics give more data about the state (both transmitted and received, for example, the number of dropped packets, bytes, mistakes and impacts).

Port statistics give stock usage information on each connection. OFPortStatsReply messages contain received byte number alongside different measurement information. Received byte data can be utilized to ascertain connect use. Intermittently surveying switches will give important data to calculate interface use. The granularity of the surveying time frame can be changed to get all the more convenient outcomes in time-basic network administration functionalities. This data can be utilized for traffic, designing practices.



On the test topology (shown in Figure 1), traffic is generated using iperf between two hosts h1 and h2. To test the accuracy and the performance different flow durations are used. Generated flows are chosen as UDP flows to ensure the stable bit rate on the link. Each UDP flow is adjusted to have 1.15 Mbps of average traffic. First flow was active for 60 seconds, second flow 120 seconds and third flow 300 seconds. As the flow duration increased, the number of polls also increased and that information is used to analyze the extra load injected into the network for statistics collection. To test the effect of statistics collection period on the accuracy of the results, we repeated experiments with 2 secs, 5 secs and 10 secs statistics collection intervals. The statistics collection interval can be set from floodlight parameters.

Data about port statistics is asked for with the Port Stats Request and switches reply with Port Stats Reply message which includes all the statistical information kept on switches for each active port separately. The port statistics structure is given as following in Openflow Switch Specification [25]:

```
struct ofp_port_stats {  
    uint16_t length;          /* Length of this entry. */  
    uint8_t pad[2];           /* Align to 64 bits. */  
    uint32_t port_no;  
    uint32_t duration_sec;   /* Time port has been alive in seconds. */  
    uint32_t duration_nsec;  /* Time port has been alive in nanoseconds beyond duration_sec.  
    */  
    uint64_t rx_packets;      /* Number of received packets. */  
    uint64_t tx_packets;      /* Number of transmitted packets. */  
    uint64_t rx_bytes;        /* Number of received bytes. */  
    uint64_t tx_bytes;        /* Number of transmitted bytes. */  
    uint64_t rx_dropped;      /* Number of packets dropped by RX. */  
    uint64_t tx_dropped;      /* Number of packets dropped by TX. */  
    uint64_t rx_errors;  
    uint64_t tx_errors;  
    struct ofp_port_stats_prop_header properties[0];  
};
```

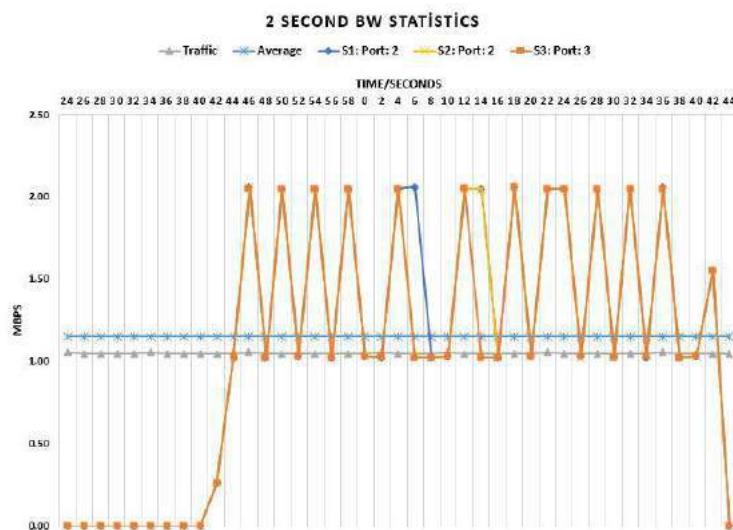
Floodlight controller includes a built in the statistics module. This module sends statistics request messages and receives back replies. Built in module only processes bandwidth information on the statistics messages. We extended this module to also process erroneous packets, dropped packet information. We also added code to get link latencies along with statistics.

When we created traffic between h1 and h2 in our topology by utilizing Iperf [26], the message size of Port Statistics Request in Wireshark is 90 Bytes and the Reply is 530 Bytes.

These graphs represent rate of transmitted data for each ports between switches switch1, switch2 and switch3. Also shows average generate traffic. Still, the figure shows how the port bytes intervals affect the accuracy of the measurements. This is really dependent on how long a traffic flow continues, which varies between the different kinds of traffic inside

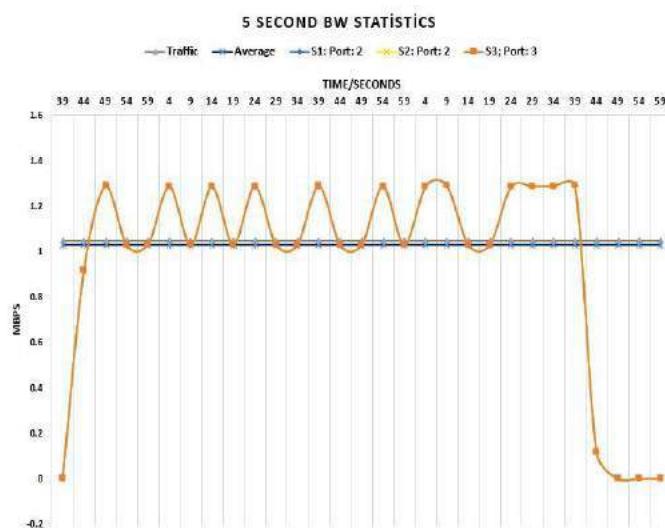
the network. For this case recurrent timer with 2 seconds interval gives better results than the timer with 5 seconds interval and 10 seconds interval.

Figure 2, shows used bandwidth for each interswitch port between switches. 1.05 Mbps traffic is generated for 60 secs via iperf and 1.15 Mbps average traffic was reported by controller.



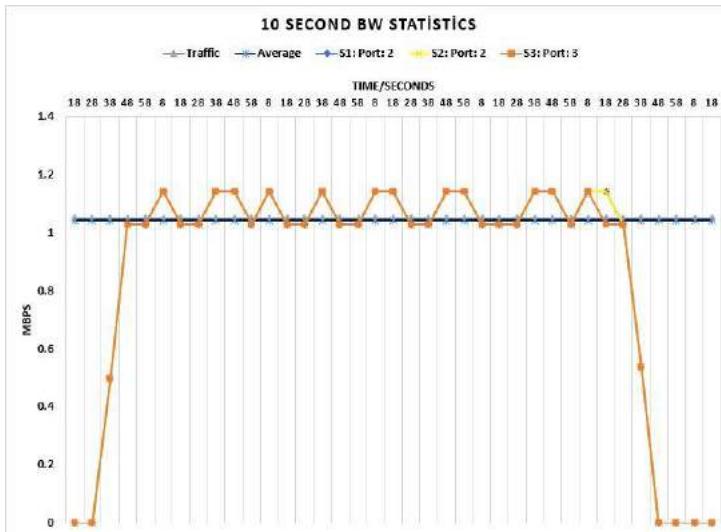
**Figure 2. Generate Traffic for One Minute**

Figure 3, shows used bandwidth for each interswitch port between switches. 1.05 Mbps traffic is generated for 120 secs via iperf and 1.03 Mbps average traffic was reported by controller.



**Figure 3. Generate Traffic for Two Minutes**

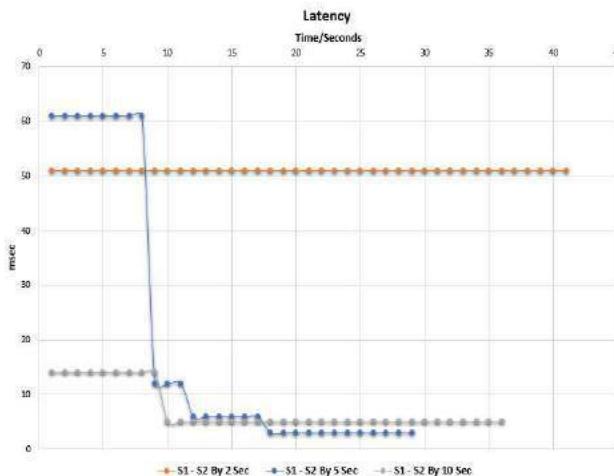
Figure 4, shows used bandwidth for each interswitch port between switches. 1.05 Mbps traffic is generated for 300 secs via iperf and 1.04 Mbps average traffic was reported by controller.



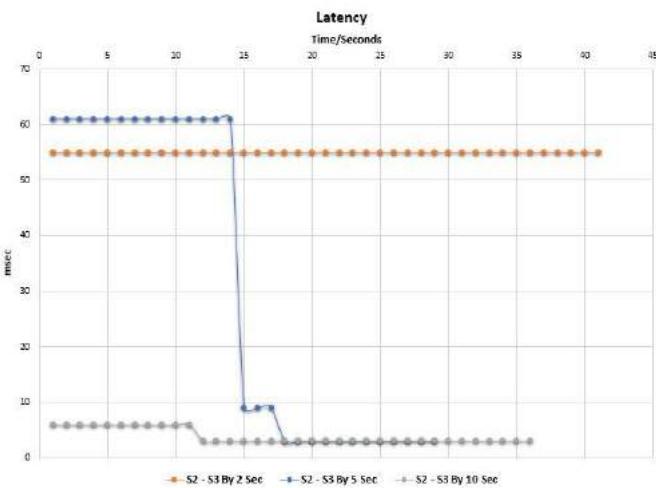
**Figure 4. Generate Traffic for Five Minutes**

The figures demonstrate that the port measurements gathered from switches utilizing OpenFlow messages take over the produced traffic rate transmitter. The rate got from ports is a tiny bit higher than the created traffic. The explanation behind that is separated from creating traffic, there is foundation traffic, for example, control traffic in the network.

Along with the bandwidth we also collect link latencies in the same periods. The outcomes can be found in (figure 5 and figure 6).



**Figure 5. Latency Link Between Switch1 And Switch2 by 2, 5 And 10 Second's**



**Figure 6. Latency Link Between Switch2 And Switch3 by 2, 5 And 10 Second's**  
On the received statistics reply messages no packet loss was reported.

## CONCLUSION

In this paper, we saw that the network-to-controller link is critical in setting up the Controller's and the network's performances. With great conditions, an OpenFlow Controller like Floodlight is equipped for handling near a million flows for each second. It is hence not a bottleneck for the performances of the entire system. We demonstrated that the transmission capacity and the latency negatively affect the general performances. We found a few issues with the default conduct of OpenFlow and performance answers for advert them. The bandwidth capacity referees what number of flows the Controller can process, and in addition the loss rate if the framework is under substantial load while the latency drives the general conduct of the system. Regardless of the possibility that the proposed arrangements can be actualized effectively, an upstream assessment of the utilization of the network is essential.

## RECOMMENDATIONS

The disadvantage in proposed SDN structure is as the quantity of switches increment the execution diminishes. The future work is to execute the common numerous table query in OpenFlow 1.3, utilizing Smart storage provisional and hybrid software-hardware flow state in switch to beat the disadvantage.

## REFERENCES

- [1] Zhao, Q., Ge, Z., Wang, J., & Xu, J. (2006, June). *Robust traffic matrix estimation with imperfect information: Making use of multiple data sources*. In *ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review* (Vol. 34, No. 1, pp. 133-144). ACM.
- [2] Canini, M., Venzano, D., Peresini, P., Kostic, D., & Rexford, J. (2012). A NICE way to test OpenFlow applications. In *Proceedings of the 9th USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation (NSDI)* (No. EPFL-CONF-170618).



- [3] Rotsos, C., Sarrar, N., Uhlig, S., Sherwood, R., & Moore, A. W. (2012, March). OFLOPS: An Open Framework for OpenFlow Switch Evaluation. In PAM (Vol. 7192, pp. 85-95).
- [4] Sherwood, R., & KOK-KIONG, Y. A. P. (2010). Cbench: an open-flow controller benchmarker. *2013-05-13]. http://www.openflow.org/wk/index.php/Oflps.*
- [5] Ng, E., Cai, Z., & Cox, A. L. (2010). Maestro: A system for scalable openflow control. *Rice University, Houston, TX, USA, TSEN Maestro-Techn. Rep, TR10-08.*
- [6] Tootoonchian, A., Gorbunov, S., Ganjali, Y., Casado, M., & Sherwood, R. (2012). On Controller Performance in Software-Defined Networks. *Hot-ICE, 12, 1-6.*
- [7] Bianco, A., Birke, R., Giraudo, L., & Palacin, M. (2010, May). Openflow switching: Data plane performance. In *Communications (ICC), 2010 IEEE International Conference on* (pp. 1-5). IEEE.
- [8] Curtis, A. R., Mogul, J. C., Tourrilhes, J., Yalagandula, P., Sharma, P., & Banerjee, S. (2011). DevoFlow: Scaling flow management for high-performance networks. *ACM SIGCOMM Computer Communication Review, 41(4)*, 254-265.
- [9] Dely, P., Kassler, A., & Bayer, N. (2011, July). Openflow for wireless mesh networks. In *Computer Communications and Networks (ICCCN), 2011 Proceedings of 20th International Conference on* (pp. 1-6). IEEE.
- [10] Doerr, C., Gavrila, R., Kuipers, F. A., & Trimintzios, P. (2012). *Good practices in resilient internet interconnection.* ENISA Report, Jun.
- [11] McKeown, N., Anderson, T., Balakrishnan, H., Parulkar, G., Peterson, L., Rexford, J., ... & Turner, J. (2008). *OpenFlow: enabling innovation in campus networks.* ACM SIGCOMM Computer Communication Review, 38(2), 69-74.
- [12] Tootoonchian, A., Ghobadi, M., & Ganjali, Y. (2010, April). OpenTM: traffic matrix estimator for OpenFlow networks. In *International Conference on Passive and Active Network Measurement* (pp. 201-210). Springer Berlin Heidelberg.
- [13] Jose, L., Yu, M., & Rexford, J. (2011, March). Online Measurement of Large Traffic Aggregates on Commodity Switches. In Hot-ICE.
- [14] Van Adrichem, N. L., Doerr, C., & Kuipers, F. A. (2014, May). Opennetmon: Network monitoring in openflow software-defined networks. In *Network Operations and Management Symposium (NOMS), 2014 IEEE* (pp. 1-8). IEEE.
- [15] Network Working Group. (2011). RFC3954: Cisco Systems NetFlow Services Export Version 9. *http://tools.ietf.org/html/rfc3954.html*
- [16] Phaal, P., & Lavine, M. sFlow Version 5 (July 2004).
- [17] Ballard, J. R., Rae, I., & Akella, A. (2010, April). Extensible and Scalable Network Monitoring Using OpenSAFE. In INM/WREN.
- [18] Yu, C., Lumezanu, C., Zhang, Y., Singh, V., Jiang, G., & Madhyastha, H. V. (2013, March). Flowsense: Monitoring network utilization with zero measurement cost. In *International Conference on Passive and Active Network Measurement* (pp. 31-41). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [19] ONF. "Openflow switch specification version 1.3. 3." Tech. Rep. (2013). Available <https://www.opennetworking.org/software-defined-standards/specifications/> (accessed on 13 Sept 2017)
- [20] Erickson, D. (2013, August). The beacon openflow controller. In *Proceedings of the second ACM SIGCOMM workshop on Hot topics in software defined networking* (pp. 13-18). ACM.
- [21] OpenVSwitch [Online]. Available: <http://openvswitch.org> (accessed:25 May 2015).
- [22] Mininet. Available: <http://mininet.org/>(accessed:10 Sep 2017).



- [23] Nunes, B. A. A., Mendonca, M., Nguyen, X. N., Obraczka, K., & Turletti, T. (2014). A survey of software-defined networking: Past, present, and future of programmable networks. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 16(3), 1617-1634.
- [24] ONF. (2013). Openflow switch specification version 1.3. 3. Tech. Rep. Available online: <https://www.opennetworking.org/images/stories/downloads/sdn-resources/onfspecifications/openflow/openflow-spec-v1.3.3.pdf> (accessed on 27 Sept 2013)
- [25] ONF. "OpenFlow Switch Specification Version 1.5.1." Available online: <https://www.opennetworking.org/wp-content/uploads/2014/10/openflow-switch-v1.5.1.pdf> (accessed on 9 Oct 2017)
- [26] Available online: <https://iperf.fr/>



## DESIGN AND IMPLEMENTATION OF SMART CAR SECURITY AND TRACKING SYSTEM BY USING GSM AND GPS MODELS

Yasir AL-ADHAMI<sup>\*a</sup>, Ammar AL-ADHAMI<sup>b</sup>, Isam AL-ADHAMI<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Telecommuniction Engineering, Gaziantep University, Turkey,

[Yasser.essam18@yahoo.com](mailto:Yasser.essam18@yahoo.com)

<sup>b</sup> Electric Power Engineering , Gaziantep University, Turkey.

<sup>c</sup> Electric Power Engineering, Baghdad, Iraq.

**ABSTRACT:** in this project we design a smart vehicle security and tracking system for tracking and monitoring vehicles. It is a simple system device. Users can install this system device in their vehicles and use it without any difficulty. It is active for any smartphone that can use Google Maps, and send and receive SMS. The smart vehicle security and tracking system consist of two parts: the hardware and the software. The hardware consists of five units: a GSM modem, a microcontroller, a GPS modem, an Ultrasonic Sensor and an RFID modem. The microcontroller will receive this instruction, analyze it and then send it to the GSM modem. When the GSM modem receives instructions from the microcontroller, it will send a message in SMS form to the vehicles owners' phone. When the owner receives a message from the GSM modem, a message is sent to the microcontroller via the GSM modem in order to shut off the engine and ask for the position of the vehicle. When the GSM modem receives the vehicle owner's message, it will send an instruction to the microcontroller. The microcontroller will analyze the instructions; send two instructions, the first instruction to the engine to turn it off, and the second instruction to the GPS modem to ask for the vehicle position. The GPS modem will start to communicate with the GPS satellites and learn the position of the vehicle. When the GPS modem acquires the position of the vehicle, it will send an instruction to the microcontroller, and microcontroller will send the position of the vehicle via the GSM modem to the owner's phone. The owner will receive a message providing the location of the vehicle. When the owner presses on the message, Google Maps will open, and the position of the vehicle will appear.

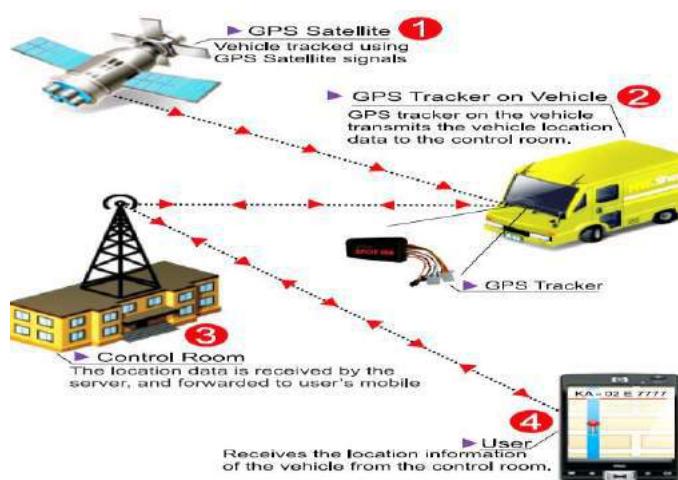
**Key words:** Vehicle Tracking, Smart Vehicle, Security Vehicle.

### 1.1 Introduction

In spite of the various technologies that have been developed in recent years to prevent auto theft and to track auto theft, vehicles all around the world are still stolen every year. In accordance with (NCIC), in 2006, 1,192,809 engine vehicles were registered as stolen; the loss was \$7.9 billion.

A variety of safety and monitoring systems has been designed to help businesses administer and manage a significant number of vehicles. A system for fleet management can lower the cost and efforts of employees to complete assignments on the road in a minimum time. In addition, tasks may be programmed while in progress based on actual vehicle location. Therefore, the central leadership of the fleet is essential for large companies to meet various customer requirements and enhance productivity [1].

However, there are still some security loopholes where these technologies do not prevent auto theft. Some of these security loopholes do not help to recover vehicles or allow users to know the state of their vehicles. The proposed security system herein is designed to monitor and control vehicles that are used by individual parties for a particular purpose, to slow and disable the vehicle in the event of theft and to track it online for retrieval. This system is the integration of several modern and integrated communication technologies [2]-[3]. To provide the location and time anywhere on Earth, the GPS is used to acquire the receiver signal position. Using Google Maps, the owner can display location information. In wireless data transport, GSM and SMS technology are standard features with all mobile phone service providers' networks [4]-[5]. The use of SMS technology has become popular because it is reliable, cheap, convenient and an affordable way to transfer and receive data. [6] Fig.1 shows the system that we introduced, consisting of a GPS modem, a GSM modem, [7]. Google Earth plays a role to stop any fleet vehicle in cases of auto theft; other pertinent information for each vehicle in the fleet can also be viewed [8]-[9].



**Figure 8:** Vehicle tracking system operation steps [3]

As shown in Fig. 1, when the car is launched, the client receives a confirmation SMS, which is running now. If this operation is illegal or an intruder attempts to operate the car; the owner may send an SMS to disable the car. When the system receives a message from the owner, the system will do a security check for the number that received the message. If this message is received from the owner, the microcontroller will send an instruction to turn off the engine. When the owner wants to know the vehicle position, an SMS with a special message is sent. Then the vehicle owner will receive an SMS showing the location and position of the vehicle. The owner can communicate with the vehicle via the mobile phone to follow the vehicle. Google Earth and the monitoring system that implements security can be used to control different parameters related to safety, theft, emergency services and engine shut down. This thesis shows implementation of many modern technologies to accomplish a desirable objective of monitoring and vehicle management.

## 1.2 OBJECTIVES OF THE STUDY

The purpose of this project is to create a smart vehicle system to control the engine remotely via a cellular phone and tracking the vehicle via GPS using Google Maps. Furthermore, the prevention of vehicle theft was also an important factor.



### 1.3 THE PROJECT COMPONENTS

The smart vehicle security and tracking system consist of two parts: the hardware and the software. The hardware consists of five units: a GSM modem, a microcontroller, a GPS modem, an Ultrasonic Sensor and an RFID modem.

The first important component of the hardware is the microcontroller, which is the brain of this system. All hardware units connect to this microcontroller. The Arduino Mega 2560 and Arduino UNO are used to build this system.

The second device is the SIM900 GSM/GPRS modem. This modem is used to connect to the GSM network and is responsible for sending and receiving instructions and alerts.

The third device in the system is the GPS modem. This modem obtains vehicle position and sending this information to the vehicle owner's mobile phone.

The fourth device is the Ultrasonic Sensor. This sensor is used to stop a vehicle when it unsafely approaches any object such as another car, tree, wall, or person if the driver is busy, loses concentration or has a heart attack or any event that causes the driver to be unable to drive.

The fifth device in the system is the RFID. This device is used as a security device in cases where the vehicle door is opened illegally without the use of the RFID card system. This device will send an alert to the owner.

The software is the second part of this system. The purpose of the software is to control and monitor the system.

The smart vehicle system is a simple system device. Users can install this system in their vehicles and use it without difficulty. It is active for any smartphone that can use Google Maps as well as send and receive SMS. This system operates such that when a vehicle door is opened without the RFID, the door will send an instruction to the microcontroller to tell the microcontroller the vehicle door has been opened illegally.

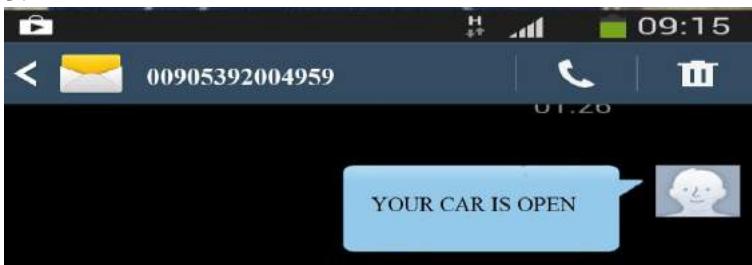
### 1.4 Results

The first security step in our system is RFID. The RFID reader is installed on the vehicle door. If the vehicle door is opened without the use of the RFID card, the system will send a message to the vehicle owner's phone and inform the owner. Otherwise, the system will not send a message, as shown in Fig. 2.



**Figure 2:** RFID reader recognize the door open illegally

When the door is opened illegally, the system will recognize that this is not the owner of the vehicle. The system will assume that the vehicle is stolen. The door will send instructions to the microcontroller, which in turn will send instructions to the GSM modem. The GSM modem will then send an SMS to the owners' phone, as shown in Fig. 3.



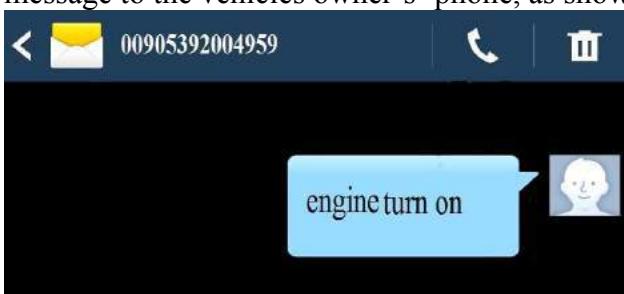
**Figure 3:** System send alert to owner

The GSM modem is connected to the Arduino directly; it is a very important part in the system with which a connection can be made between the system and the owner's mobile phone. When the system starts to operate, the GSM modem will begin to connect directly to the mobile network and start to send and receive messages. When the GSM modem connects to the mobile network, the red LED flashes, as shown in Fig. 4.



**Figure 4:** GSM modem start to work

After thieves start the engine, the engine will send instructions to the microcontroller. The microcontroller will send instructions to the GSM, and the GSM modem will send a message to the vehicles owner's' phone, as shown in Fig. 5.

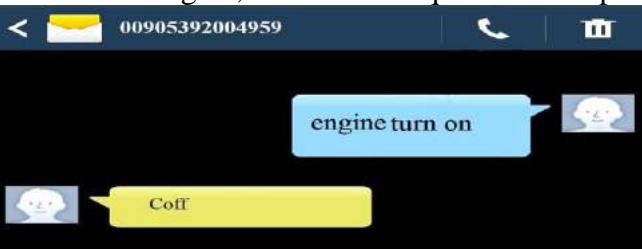


**Figure 5:** System sends SMS to owner when engine starts



**Figure6:** Engine turn on

After the owner receives a message from the system, a message is sent to the system to turn off the engine, and also to request vehicle position, as shown in Fig. 7.



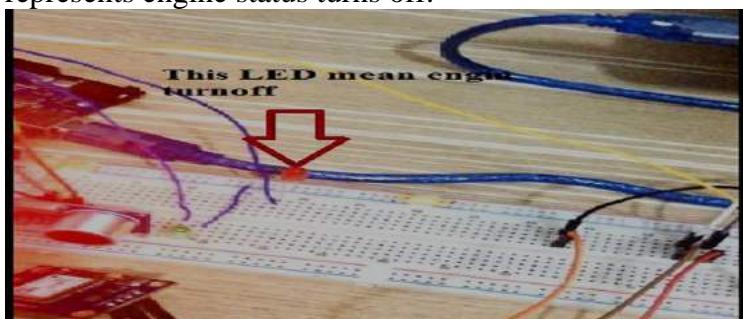
**Figure 7:** Owner sends an SMS to the system to turn off the engine

When the GSM modem receives a message from the vehicle owner's phone, it will send instructions to the microcontroller to shut off the engine, as shown in Fig. 8.



**Figure 8:** System receive the instruction successfully

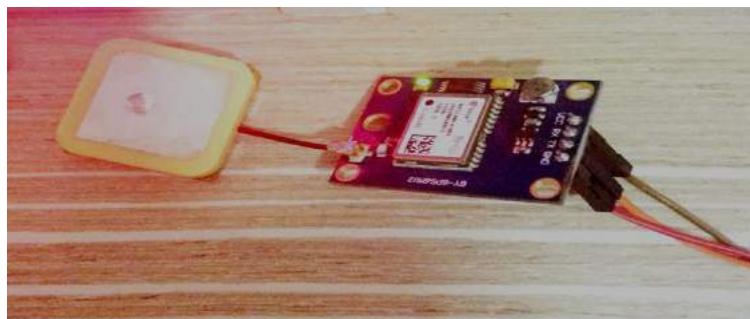
When the microcontroller receives instructions from the GSM modem, it sends instructions to shut off the engine. The engine will turn off directly, as shown in Fig. 9. The LED that represents engine status turns off.



**Figure 9:** Engine turn off

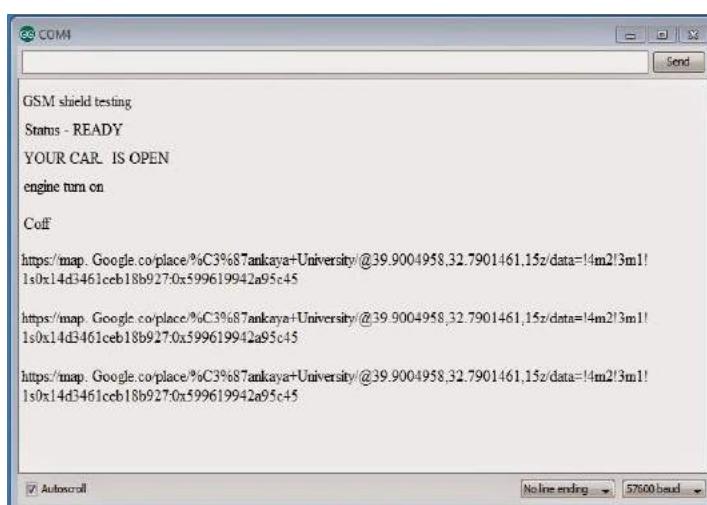


At this time, the microcontroller will send instructions to the GPS shield and prepare it for sending and receiving information and connections to the GPS satellites, as shown in Fig. 10.



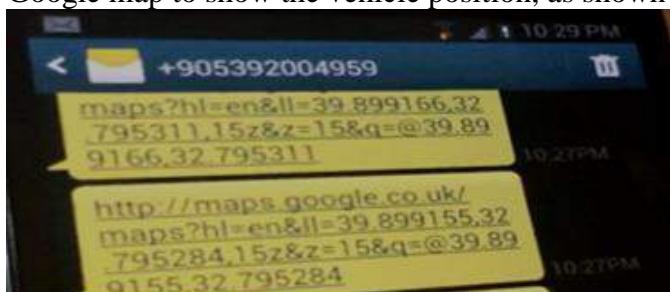
**Figure 10:** GPS modem commencing operation

When the GPS modem receives vehicle position data from satellites, it will send instructions to the microcontroller and the microcontroller will send instructions to the GSM modem. The GSM modem will send instructions to the vehicle owner. In Fig. 11, we show the microcontroller send the position to an owner.



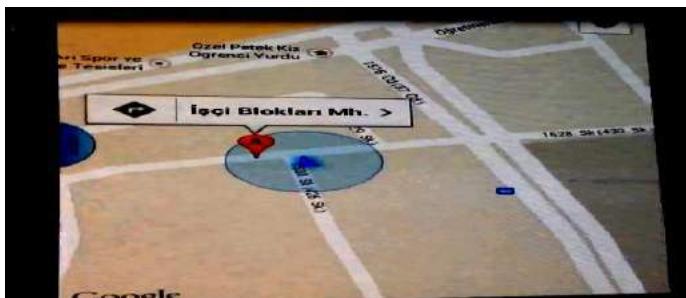
**Figure 11:** System sending the vehicle position

After system sends a message, the owner will receive it directly. This message contains the vehicle position. The message that the owner receives will be in link form to reach the Google map to show the vehicle position, as shown in Fig. 12.



**Figure 12:** SMS contain the vehicle position

When the owner presses on the link, Google Maps will open, and the owner can directly know the position of the vehicle, as shown in Fig. 13.

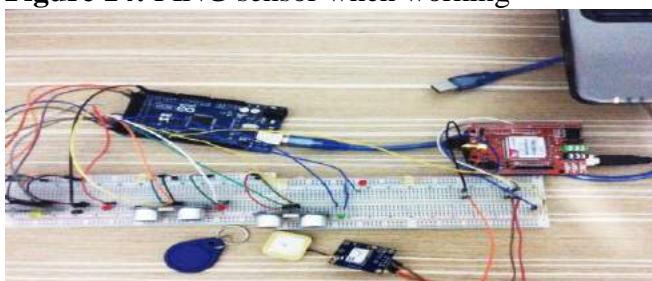


**Figure 13:** Vehicle position on the Google map

Now, the second step for security will be discussed, namely the PING SENSOR. This sensor is used to stop a vehicle when it approaches any object, such as another car, tree, wall, or person, if the driver is busy, not paying attention to the road, has a heart attack or an accident that makes driver unable to drive. This sensor gives instructions to the microcontroller in order to lower the speed of the vehicle and even stop the vehicle completely, as shown in Fig. 14, which shows how the yellow LED flashes when an object approaches.



**Figure 14:** PING sensor when working



**Figure 15:** Final project

### 1.5 Conclusion

The purpose of this project is to create a smart vehicle system to control the engine remotely via a cellular phone and tracking the vehicle via GPS using Google Maps. Furthermore, the prevention of vehicle theft was also an important factor. All objectives have been achieved successfully with a system yielding results as expected.

Users can control this system device by sending instructions and by receiving alerts by SMS. Users can determine the position of their vehicles via GPS, by using a smart phone in conjunction with the Google Maps application to show vehicle coordinates.



The smart vehicle security and tracking system uses the SIM 900 (GSM modem) for communication between the mobile station and microcontroller to send and receive instructions.

In order to halt the vehicle when drivers experience any problems, the system uses an ultrasonic sensor and to prevent vehicle theft, the system uses an RFID modem to open the doors of vehicles legally.

On the market, there are many smart tracking security systems for vehicles available at a high price. The smart vehicle security and tracking system will save money because it is cheaper than other systems with costs dependent upon the designer.

On the market, users can find vehicle security systems without tracking. Alternatively, they can find vehicle tracking systems without security. In this system, users can use both security and tracking at the same time.

The smart vehicle security and tracking system used RFID as a security measure. When the vehicle door opens without using an RFID card, the system sends an alert to a mobile phone, and the step concludes successfully.

Moreover, it uses the GPS modem to determine vehicle position by using the Google Maps application; the system sends the vehicle position to the mobile phone, and the step concludes successfully.

Additionally, it uses an ultrasonic sensor to stop the vehicle when the driver encounters a problem. A flashing LED represents the vehicle's stopping status when it detects objects, and this step concluded successfully.

Moreover, this system uses the SIM900 modem to send and receive messages. Instructions are sent from the system to a mobile phone and also received instructions from a mobile phone. This step was concluded successfully.

Finally, the system attains the results for a smart car system providing security to the car as well as providing a remote management system for the engine.

## REFERENCES

1. **Al-Taee M. A., Khader O. B., Al-Saber N. A., (2007)**, “*Remote Monitoring of Vehicle Diagnostics and Location Using a Smart Box with Global Positioning System and General Packet Radio Service*”, Electrical and Computer Engineering, IEEE International Conference, vol. 53, pp. 385–388.
2. **Rindt C. R., McNally M. G., Doherty S., (2000)**, “*A GPS Enhanced in-Vehicle Extensible Data Collection Unit*”, Univ. California, Irvine, vol. 28, pp. 1-23.
3. **Lin C. E., Hsu C. W., Lee Y. S., Li C. C., (2004)**, “*Verification of Unmanned Air Vehicle Flight Control and Surveillance Using Mobile Communication*”, Journal of Aerospace Computing, vol. 1, no. 4, pp.189–197.
4. **Hapsari A. T., Syamsudin E. Y., Pramana I.,(2004)**, “*Design of Vehicle Position Tracking System Using Short Message Services and Its Implementation on FPGA*”, in Proc. Conference on Asia South Pacific Design Automation, vol. 41, pp. 285-288.
5. **Fan X., Xu W., Chen H., Liu L., (2006)**, “*A Composite Communication Scheme for Mobile Object Management System*”, In Advanced Information Networking and Applications, IEEE International Conference, vol. 2, pp. 235-239.



6. **Hsiao W. M., Chang S. J., (2006)**, “Optimal Location Update Strategy of Cellular Network Based Traffic Information System”, Intelligent Transportation Systems Conference, IEEE International Conference, pp. 248-253.
7. **Tamil E. M., Saleh D. B., Idris M. Y. I., (2007)**, “A Mobile Vehicle Tracking System with GPS/GSM Technology”, in Proc. 5th Student Conference on Research and Development, pp. 398-402.
8. **Lita I., Cioc I. B., Visan D. A., (2006)**, “A New Approach of Automobile Localization System Using GPS and GSM/GPRS Transmission”, In Electronics Technology, IEEE 29th International Spring Seminar, pp. 115- 119.
9. **Kishore T. K., Vardhan T. S., Narayana N. L., ( 2010)**, “Vehicle Tracking Using a Reliable Embedded Data Acquisition System with GPS and GSM ”, Int. Journal of Computer Science and Network Security, vol. 10, no. 2, pp. 286-291.
10. **Parvez M. Z., Ahmed K. Z., Mahfuz Q. R., Rahman M. S., (2010)**, “A Theoretical Model of GSM Network Based Vehicle Tracking System”, Electrical and Computer Engineering, IEEE International Conference, vol. 47, pp. 594-597.
11. **Iman M. A., Nour Y. A., Enas M. A., Rania M. J., (2011)**, “Ubiquitous GPS Vehicle Tracking and Management System”, Applied Electrical Engineering and Computing Technologies, IEEE International Conference, pp. 1-6.
12. **Nelson A. Y., Adjetey S. R., (2012)**, “Design and Development of GPS/ GSM Based Vehicle Tracking and Alert System for Commercial Inter- City Buss”, in Adaptive Science & Technology, IEEE 4th International Conference, vol. 31, no. 10, pp1-6.
13. **Pham H. O., Micheal D., Nguyen C. C., (2013)**, “Development of Vehicle Tracking System Using GPS and GSM Modem”, Open Systems Conference, IEEE, pp89- 94.
14. **Muhammad R. A. F., Micheal D., (2013)**, “Remote Vehicle Tracking System using GSM Modem and Google Map”, Utilization and Development in Engineering and Technology, IEEE International Conference, pp. 15- 19.
15. **Montaser N. R., Mohammad A. Al., Senior M., IACSIT A. A., (2012)**, “Intelligent Anti-Theft and Tracking System for Automobiles”, International Journal of Machine Learning and Computing, Vol. 2, No. 1, pp. 88- 92



## IMPORTANCE OF SOLAR ENERGY FOR OUR COUNTRY AND ITS AVAILABLE POTENTIAL

Yusuf Alper KAPLAN

Osmaniye Korkut Ata University, Energy System Department, Turkey

yakaplan@osmaniye.edu.tr

Merve KARAGÖZ

Osmaniye Korkut Ata University, Energy System Department, Turkey

karagoz.01.merve@gmail.com

Hasan Basri BILDIRCIN

Osmaniye Korkut Ata University, Energy System Department, Turkey

hbbildircin@yahoo.com

**ABSTRACT:** Today more than environmental necessity, have developed strategies to meet the demands of the countries in the context of their own energy, renewable energy sources is becoming increasingly important. Therefore, all countries in the world in recent years to provide energy independence is working to increase the share of renewable energy in energy production rates. Solar power plants, clean, local and renewable energy generation facilities are one of the features currently gaining importance. In the context, an advanced solar photovoltaic manufacturing plant facilities, including policy-based panels are working. In this study, an overview of solar energy, the latest state of solar energy in Turkey and the world, solar energy potentials, production, solar energy technologies have been examined. Thus, it is aimed to contribute to the developments in renewable energies and to increase awareness of the subject.

**Key words:** energy, renewable energy, solar energy

## GÜNEŞ ENERJİSİNİN ÜLKEMİZ İÇİN ÖNEMİ VE MEVCUT POTANSİYELİ

**ÖZET:** Günümüzde, çevresel zorunluluktan öte, ülkelerin kendi enerji taleplerini karşılamak için geliştirdikleri stratejiler bağlamında, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı giderek önem kazanmaktadır. Dolayısıyla son yıllarda tüm dünya ülkeleri enerji bağımsızlıklarını sağlayabilmek için enerji üretim oranları arasında yenilenebilir enerjinin payını artırmaya çalışmaktadır. Güneş enerjisi santralleri temiz, yerel ve yenilenebilir özelliklerile günümüzde giderek önem kazanan enerji üretim tesislerinden biri durumundadır. Bu bağlamda, ileri bir güneş enerjisi üretim tesisi fotovoltaik ilkeye dayalı olarak çalışan panelleri içeren tesisler olmaktadır. Bu çalışmada, güneş enerjisine genel bakış, Türkiye'de ve Dünya'da güneş enerjisinin son durumu, güneş enerjisi teknolojileri incelenmiştir. Böylece, yenilenebilir enerjilerdeki gelişmelere katkı sağlaması ve konuya yönelik bilinçlenmenin arttırılması amaçlanmıştır.

**Anahtar sözcükler:** enerji, yenilenebilir enerji, güneş enerjisi.



## EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE EFFECT OF SCREW PRODUCTION METHOD ON MECHANICAL RESISTANCE IN DIFFERENT MATERIALS

Serkan AKTAŞ

Department of Mechanical Education, Uzunçiftlik Nuh Çimento Vocational High School,  
Kocaeli University  
serkan.aktas@kocaeli.edu.tr

Yasin KİŞİOĞLU

Department of Biomedical Engineering, Kocaeli University  
ykisioglu@kocaeli.edu.tr

**ABSTRACT:** Screws are the standard machine components commonly used in the industry. The screws used in almost all sectors can be produced by different methods. The most commonly used of these methods are machining thread and thread rolling. The surface roughness on the thread profile of the screws produced by the machining method causes the notch effect, which affects the strength of the screws negatively. In this study, stud bolts with dimension M5x47, produced from cold formability AISI5140, AISI304, AL6082 and commercially pure titanium grade2 (cpTi-Gr2) materials, produced by machining and thread rolling were tensile tested and their strength were compared. The strength values of the samples produced by thread rolling method were high in all material groups tested. Improvements have been identified 12.5% for AISI5140, 8.53% for AISI304, 26.42% for AL6082 and 27.29% for cpTi-Gr2. The difference in strength between the methods was observed most in cpTi-Gr2 material.

**Key words:** thread-rolling, screw, mechanical-strength, strain-hardening, cold-formability.

## FARKLI MALZEMELERDE VİDA ÜRETİM YÖNTEMİNİN MEKANİK DAYANIMA ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

**ÖZET:** Vidalar endüstride yaygın olarak kullanılan standart makine elemanlarıdır. Hemen hemen bütün sektörlerde kullanılan vidalar farklı metodlarla üretilmektedir. Bu yöntemlerden en çok kullanılanları talaşlı üretim ve ovalama metodudur. Talaşlı üretim yöntemi ile üretilen vidaların dış profili üzerinde oluşan yüzey pürüzlülübü, çentik etkisine neden olmakta ve bu durum vidaların mukavemetine olumsuz yönde etki etmektedir. Bu çalışmada, soğuk şekillendirilebilirliği olan AISI5140, AISI304, AL6082 ve ticari saf Ti-Gr2 malzemelerinden M5x47 ölçülerinde talaşlı üretim ve ovalama yöntemleri ile üretilen saplamalar çekme testine tabi tutularak mukavemetleri karşılaştırılmıştır. Testi yapılan tüm malzeme gruplarında ovalama yöntemi ile üretilen numunelerin mukavemet değerleri yüksek çıkmıştır. AISI5140 için %12.50, AISI304 için %8.53, AL6082 için %26.42 ve Ti-Gr2 için %27.29 iyileşme tespit edilmiştir. Yöntemler arasındaki mukavemet farkı en fazla Ti-Gr2 malzemede gözlemlenmiştir.

**Anahtar sözcükler:** ovalama, vida, mekanik dayanım, pekleşme, soğuk şekillendirilebilirlik.



## GİRİŞ

Sökülebilir bağlantınlarda vidalar standart montaj elemanı olarak farklı sektörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Otomotiv endüstrisinde binek bir otomobilin parçalarının montajında yaklaşık 2800'den fazla farklı vida kullanıldığı bilinmektedir (Wrigley, 1995). Vidalar kullanım alanına göre farklı malzemelerden, farklı dış profillerinde, farklı yöntemlerle imal edilebilmektedir. Örneğin gıda sektöründe paslanmaz çelik vidalar kullanılırken havacılıkta hafifliğinden dolayı alüminyum, biyomedikal sektörde biyoyumluluk açısından titanyum vidalar kullanılmaktadır. Vida dış profili olarak çoğunlukla üçgen profilli vidalar kullanılmaktadır. Üretim yöntemi olarak vidalar talaşlı veya talaşsız yöntemler ile üretilmektedir. Talaşlı üretim yöntemlerinde vida dış profili kesici takımlarla kesilerek elde edilmektedir. Vida üretiminde talaşsız üretim yöntemlerinden en çok ovalama metodu kullanılmaktadır. Ovalama yöntemi, malzeme kaybı olmaksızın silindirik ya da konik malzemeleri sertleştirilmiş ve belli bir forma sahip kalıplar arasından geçirilerek kalıp formunun tersini iş parçası üzerine soğuk şekillendirme ile nakşedilmesidir.

Ovalama metodu ile vida üretimi, malzemenin sertliğinin 200 HRB ve yüzde uzamasının %10-40 arasında olduğu durumlarda uygulanabilmektedir. Bu sınırların dışında kalan malzemelere ovalama metodu ile vida açmak uygun değildir (Ivanov, 1997). Bu sebeple dökme demir ve sertleştirilmiş çeliklerden bu metot uygulanarak vida üretimi yapılmaz. Ovalama yöntemi, düşük maliyet, dış profiline oluşan sertlik, dış profili boyunca yüzey pürüzlülük değerinin iyi olması, malzeme kaybının olmaması, malzeme iç yapısının (liflerin) dış profili boyunca kesilmeden uzanması ve bunlara bağlı olarak mekanik özelliklerinin iyi olması sebepleri ile tercih edilmektedir. Özellikle üretim miktarının çok olduğu durumlarda talaşlı üretime kıyasla endüstride tercih edilen bir vida imalat yöntemidir (Domblesky & Feng, 2002).

Ovalama metodu oda sıcaklığında yapılan bir soğuk şekillendirme yöntemidir. Soğuk şekil değiştirmede, metalik malzemelerin iç yapısında kuvvet etkisi altında kristal kafeslerinde kayma ve/veya ikiz teşekkürülü meydana gelir. Bu şekilde taneler ızar ve şekil değişimi devam ettikçe küçülür. Küçülen tane büyülüüğü ile malzemenin şekil değişimine karşı mukavemeti artar. Hall-Petch eşitliğine (1) göre malzemenin tane boyutu ile akma dayanımı arasındaki ilişki incelendiğinde, tane boyutu küçüldükçe, malzemenin akma dayanımının arttığını gözlemlenmektedir (Elias, Meyers, Valiev, & Monteiro, 2013)

$$\sigma_y = \sigma_0 + Kd^{-1/2}$$

(1)

$\sigma_y$  : Akma dayanımı ( $N/mm^2$ )

$\sigma_0$  : Kristalin akmaya karşı gösterdiği direnç ( $N/mm^2$ )

$K$  : Malzeme mukavemet sabiti

$d$  : Malzemenin ortalama tane boyutu

Ovalama yönteminde soğuk şekillendirmenin etkisi ile vida profili boyunca sertlik merkeze oranla daha fazladır (Bethlehem, 1983). Oluşan sertlik değerleri şekillendirme esnasında kalıpların basma hızına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Maciel, Filho, Lauro, & Brandão, 2015).



Ovalama yöntemi ile imal edilen vidalarda kesme işleminden kaynaklı iz ve titreşim kusurları bulunmamaktadır. Doğan bu kusurlar, aşınma ve yorulma hasarlarının başlamasına sebep olan kusurlardır. Ovalanmış vida dışı yüzeylerinde pürüzlülük değeri  $R_a=0,2-0,6 \mu\text{m}$  arasında olurken, tornada kesme yoluyla açılmış vida dislerinde bu değer  $R_a=1,6-3,1 \mu\text{m}$  arasındadır (Bethlehem, 1985). Ovalanarak açılmış vida yüzeylerinde sürtünme katsayısı, kesme yolu ile açılmış vida yüzeylerindeki önemli ölçüde düşüktür. Bu durum vidalı bağlantılarda bağlantıyı tutan ön yükleme kuvvetinin etkinliğini artırmaktadır. İki makine parçasının vidalı bağlantısını yaparken uygulanan tork kuvvetinin yaklaşık %50'si somun veya civata başının sürtünmesinde ve %40'ı vida yivleri arasındaki sürtünmede harcanır. Uygulanan tork kuvvetinin sadece %10'u bağlantıyı tutan ön yükleme kuvvetine dönüşmektedir. Vida yivleri arasındaki yüzey pürüzlülüğünden kaynaklı sürtünme kuvveti bağlantıyı tutan ön yükleme kuvvetine olumsuz etki etmektedir.

Vida profili boyunca sertliğin artması ve yüzey pürüzlülük değerinin iyileştirilmesine bağlı olarak çentik etkisinin minimize edilmesi vida dislerinin mukavemetini ve yorulma dayanımına olumlu yönde etki etmektedir. Ç4027 çeliğinden 7/8", 1" ve 1 1/8" anma ölçülerinde ovalayarak ve kesilerek elde edilen vidaların çekme mukavemetleri ve yorulma ömrüleri karşılaştırılmıştır. Ovalanmış vidaların çekme mukavemetlerinde %8-29, yorulma ömrülerinde 1.5-5 kat arasında iyileşme olduğu tespit edilmiştir ("UlusalEO16(2).pdf," n.d.). Düşük karbonlu AISI1020 çeliğinden M12x1.75 ve M80x1.5 ölçülerinde talaşlı üretim ve ovalama klavuzları ile imal edilen iç vidalar çekme testine tabi tutulmuştur. Ovalama klavuzu ile imal edilen M12x1.75 ölçüsündeki iç vidada %30 ve ovalama başlığı ile imal edilen M80x1.5 ölçüsündeki iç vidada %20 iyileşme kaydedilmiştir (Sağlam & Kuş, 2011). Başka bir çalışmada İbrahmi ve arkadaşları C45 düşük karbonlu çelikten M12x1.75 ölçüsünde talaşlı imalat ve ovalayarak imal ettikleri numunelerin maksimum dayanım ve kopma esnasındaki kuvvetleri incelemiştir. Test sonuçlarına göre ovalayarak elde edilen numunelerde yaklaşık %7.7 bir iyileşme tespit etmişlerdir (İbrahmi, Hbaieb, & Krichen, 2017).

Çalışma kapsamında yapılan literatür taramasında ovalama yönteminin avantajları belirtilmiştir. Talaşlı üretim ve ovalama yöntemi ile imal edilen vidaların mekanik özelliklerinin karşılaştırılması konusundaki çalışmalar kısıtlı sayıda olup düşük karbonlu çelikleri kapsamaktadır. Ayrıca yapılan kısıtlı sayıda çalışma büyük çaplı ( $\geq M12$ ) vidalar için yapılmıştır. Ovalama yönteminin küçük çaplı vidalarda farklı malzeme gruplarında mekanik özelliklerini nasıl değiştirdiği konusu deneysel olarak literatürde ele alınmamıştır.

ISO (International Organization for Standardization) metalik malzemeleri şekillendirilebilirliğine göre 6 gruba ayırmıştır: P-çelikler, M-paslanmaz çelikler, K-dökme demirler, N-Alüminyum alaşımaları, S-süper alaşımalar, H-sertleştirilmiş çelikler. Bunlardan P,M,N ve S serileri ovalama metodu ile şekillendirilebilmektedir. Bu çalışmada, ovalanabilirlik kabiliyeti olan P serisinden Ç4140, M serisinden AISI304, N serisinden A17075 ve S serisinden saf Titanyum (Grade2) malzemelerinden talaşlı üretim ve ovalama yöntemi ile üretilmiş vida numunelerine çekme deneyi uygulanarak iki yöntemin mekanik özellikler açısından kıyaslanması deneysel olarak incelenmiştir.

## YÖNTEM

### Deney Numunelerinin Hazırlanması



Çalışmada kesme ve ovalama yöntemlerinin mekanik özelliklere etkisini araştırmak için kullanılacak olan numuneler farklı malzeme gruplarında aynı ölçü ve geometride imal edilmişlerdir.

### **Numune Malzemeleri**

Farklı endüstrilerde kullanım şartlarına ve maliyete bağlı olarak vidalı bağlantılar civata, somun ve saplamalar farklı malzemelerden imal edilmektedir. Örneğin, gıda sektöründe yoğun korozif ortam olması sebebi ile korozyona dayanıklı paslanmaz çelikler, havacılık sektöründe öz kütlesinin düşük olması sebebi ile alüminyum alaşımları, biyomedikal sektörde biyoyumluluk açısından titanyum ve alaşımları kullanılmaktadır. Makinecilikte bahsi geçen şartların önemli olmadığı durumlarda maliyet ve dayanım ön planda olduğundan çelik grubu malzemeler kullanılmaktadır.

Her malzemenin kimyasal kompozisyonu ve iç yapısı (hacim/yüzey merkezli kübik yapı v.b.) o malzemenin ısıl işlem, sertlik, mukavemet v.b. şartlarını değiştirir. Bu duruma bağlı olarak da malzemelerin şekillendirilebilirlikleri ve işlenebilirlikleri farklılık gösterir. Bu sebepten dolayı ISO metalik malzemeleri 6 gruba ayırmış ve her bir malzeme grubuna kodlar ve renkler vermiştir. Çalışma kapsamında soğuk şekillendirilebilirliği olan dört gruptan ilgili endüstrilerde en çok kullanılan birer malzeme belirlenmiştir. Numune malzemelerinin kimyasal kompozisyonu Tablo 1' de ve mekanik özellikleri Tablo 2' de verilmiştir.

**Tablo 1. Numune Malzemelerinin Kimyasal Kompozisyonu (% ağırlık)**

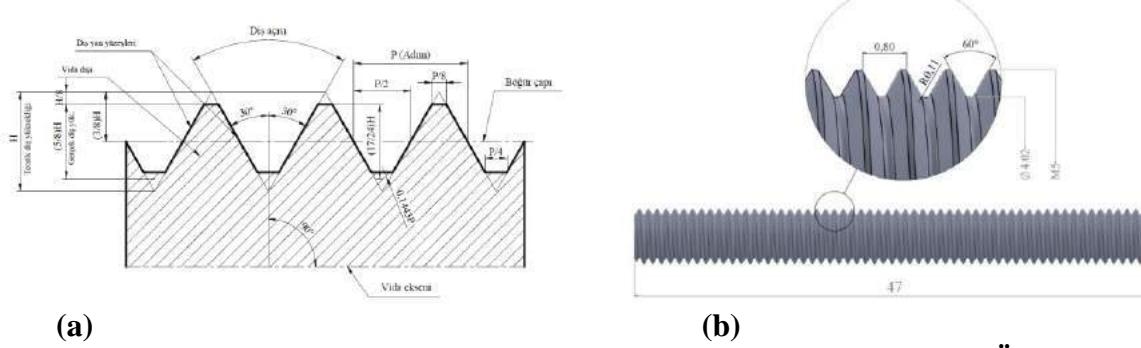
Malzeme	C	Mn	Cr	Si	Mg	N.	O.	Fe	Al	Ti
AISI 5140	0.37~0.45	0.5~0.8	0.8~1	0.17~0.37	-	-	-	baz	-	-
AISI 304	<=0.07	<=2.00	18~19	<=0.75	-	-	-	-	-	-
AL 6082	-	0.4~1	0~0.25	0.7~1.3	0.6~1.2	-	-	0~0.5	baz	-
Ti-Grade2	<0.08	-	-	-	-	<0.03	<0.25	<0.3	-	baz

**Tablo 2. Numune Malzemelerinin Mekanik Özellikleri**

Malzeme	Akma Mukavemeti (MPa)	Çekme Mukavemeti (MPa)	Elastikiyet Modülü (GPa)	% Uzaması	Sertlik (HRb)
AISI 5140	293<	573<	190~210	28.6	167
AISI 304	230<	540<	193~200	55	123
AL 6082	255<	300<	70	11	100
Ti-Grade2	275<	344<	105	20	140

## Numunelerin Geometrisi ve Ölçüleri

TS 61'de vidalar dış biçimlerine göre üçgen, kare, trapez, yuvarlak ve testere olarak sınıflandırılır. Bunlardan üçgen vidalar genellikle civatalı bağlantı yerlerinde diğerleri hareket iletiminde kullanılır. Üçgen vidalar metrik sisteme ve whitworth sistemine göre imal edilmektedir. Metrik sistemde vida tepe açısı  $60^\circ$  ve whitworth sistemde ise  $55^\circ$  dir. Şekil 1a'da TS 61 standartında metrik sisteme göre vida ölçülerleri ve Şekil 1b'de çalışma kapsamında imal edilen numune ölçülerleri bulunmaktadır.



**Şekil 1. (a) TS61 Standartına Göre Metrik Vida Elemanları (b) Numune Ölçüleri**

## Numunelerin İmalatı

Numuneler Tablo1 ve Tablo2'de sırasıyla kimyasal ve mekanik özellikleri verilen dört farklı malzemeden imal edilmişlerdir. İmalatlar Şekil 2a'da gösterilen Victor Taichung marka CNC Torna ve Şekil 2b'de gösterilen Gökçüoğlu marka iki roleli ovalama tezgahında gerçekleştirilmiştir. CNC Tornada numuneler ilk olarak işlenerek 5mm çapına getirilmiştir. Bu işlem için Sandvik Coromant CCMT geometrisinde uç, 3000 dev/dak ve 0.15mm/dev ilerleme hızı kullanılmıştır.  $60^\circ$  lik dış elması kullanılarak 1500 dev/dak devir sayısı ile dış dibi çapı formülüne (2) göre M5x0.8 ölçüsünün dış dibi çapı olan 4.02mm (3) ölçüsüne 12 pasoda işlenmiştir. Talaşlı üretim ile bir adet numune imalatı için yaklaşık 40 sn zaman harcanmıştır.

$$d_1 = d - 1.2269xP \quad (2)$$

$d_1$  : Vida dış dibi çapı (mm)

$d$  : Vida dış üstü çapı (mm)

$P$  : Vida adımı (mm)

$$d_1 = 5 - 1.2269 \times 0.8 = 4.02 \text{ mm} \quad (3)$$



**Şekil 2.** (a) Talaşlı Üretim CNC Torna Tezgahı (b) İki Roleli Ovalama Tezgahı

Ovalama metodunda numuneler ilk olarak ovalama çapı formülüne (4) göre (Heinz Tschaetsch, 2004) 4.464mm ölçüsünde (5) işlenmiştir. Üretim miktarının çok olduğu durumlarda ham malzeme imalatı esnasında bölüm dairesi çapı haddeleme çapı olarak ayarlandığında ovalama öncesi işlemeye gerek kalmamaktadır. Hassas olarak ovalama çapında haddelemiş ham malzemeler ön bir işleme tabi tutulmadan direk ovalanarak imal edilebilmektedir. Bu durum üretim sürelerini kayda değer oranda düşürmektedir. Ovalama işleminde role kalınlıkları numune boyundan büyük olduğu için bas-çek roleler kullanılmıştır. Bu işlem için yaklaşık 4 sn zaman harcanmıştır. İki yöntemin zamansal olarak karşılaştırılmasında ovalama yönteminin yaklaşık 10 kat daha hızlı olduğu görülmektedir.

$$d_0 = d - 0.67xP \quad (4)$$

$d_0$  : Ovalama çapı (mm)

$d$  : Vida dış üstü çapı (mm)

$P$  : Vida adımı (mm)

$$d_0 = 5 - 0.67 \times 0.8 = 4.464 \text{ mm} \quad (5)$$

Numunelere açılan vidalar 6g toleransında işlenmiştir. Numune geometrisinin ve ölçülerinin testlerde karşılaştırılacak mekanik değerlere etkisini minimize etmek için herk

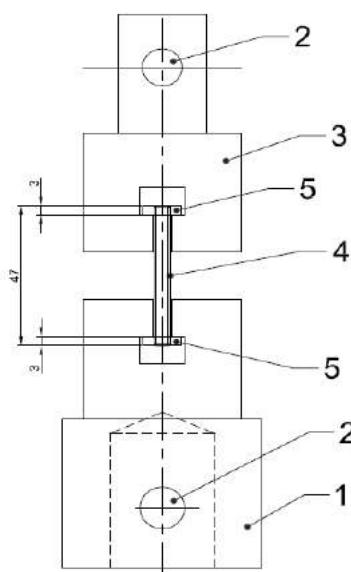
iki yöntemle imal edilen numuneler Şekil3'te gösterilen geçer geçmez mastarla kontrol edilmiştir. Bu şekilde her bir malzeme grubu için talaşlı üretim metodu beşer adet, ovalama metodu ile beşer adet olacak şekilde toplamda 40 adet eşdeğer numune imal edilmiştir.



**Şekil 3. Vida Kontrol Mastarı**

#### Test Düzeneğinin Hazırlanması

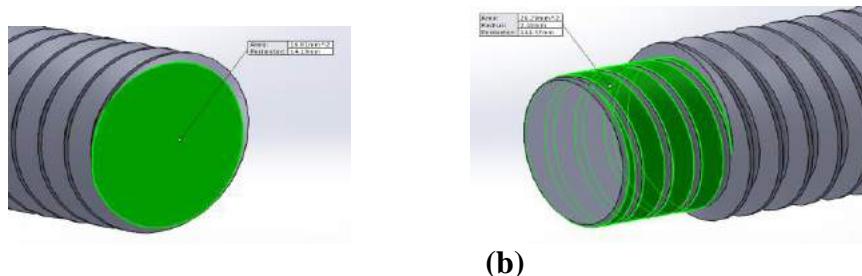
Çalışma kapsamında üretim yöntemlerinin vidanın dış dayanımına etkisini karşılaştırmak için pratik ve riyit bir test düzeneği hazırlanmıştır (Şekil 4). Burada dişlerin dayanımı karşılaştırılmak istendiğinden düzenek ve ölçülerini dişleri sıyıracak şekilde dizayn edilmiştir. Alt kalıp (1) pim (2) ile çekme cihazının alt tablasına, üst kalıp(3) yine aynı şekilde cihazda loadcellin bulunduğu üst tablaya monte edilmiştir. Alt ve üst kalıba numunelerin (4) pratik bir şekilde bağlanabilmesi için riyitlik te gözetilerek T kanallar açılmıştır. Amaç numunelerin dişlerinin dayanımı ölçmek olduğundan her iki tarafa bağlı olan silindirik somunlar (5) ıslahlı 4140 (30-32 HRc) dayanıklı malzemeden 80 adet olarak imal edilmiştir.



**Şekil 4. Test Düzeneği**

Numunenin kopmadan dişlerin sıyrılması için gerilime maruz kalan alanlar tespit edilmiş somun kalınlıkları buna göre belirlenmiştir. Numune gövdesinde çekme gerilmesine maruz kalan alan Şekil 5a'da görüldüğü gibi yaklaşık  $16\text{mm}^2$  dir. Dişler kayma gerilmesine

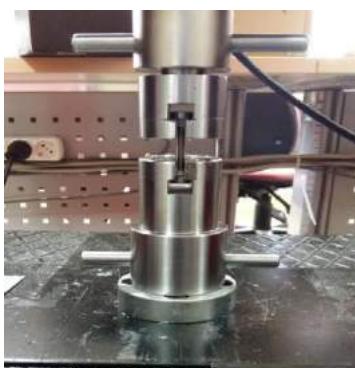
maruz kalmaktadır. Maksimum kayma gerilmesi teorisine (Tresca Teorisi) göre kayma gerilmesi çekme gerilmesinin  $\sqrt{3}$  katıdır. Bu durumda dışlerin sıyrıması için kesme gerilmesine maruz kalan alanın maksimum  $A = 16x\sqrt{3} = 27.7\text{mm}^2$  olması gerekmektedir. Şekil 5b'de görüldüğü gibi somun kalınlığının 3mm olması durumunda kesmeye maruz kalan alan  $26.29\text{ mm}^2$  dir.



**Şekil 5. (a)Çekme Gerilmesine Maruz Kalan Alan (b)Dişlerin Kesme Gerilmesine Maruz Kaldığı Alan**

### Çekme Testinin Yapılması

Talaşlı üretim ile ovalama metodunun vida dış dayanımına etkisini incelemek için numunelere çekme testi uygulanmıştır (Şekil 6). Farklı malzemelerden farklı yöntemlerle imal edilen beşer adet numuneye 1'den 40'a kadar numaralar verilmiş ve rastgele test sıraları belirlenerek test tablosu oluşturulmuştur. Testlerde küçük te olsa somunlarda da hasar oluşabileceğinden her bir test için farklı somun kullanılmıştır. Bu şekilde aynı test grubu için 5 tekrar yapılarak test sonucu tespit edilen maksimum dayanım kuvvetleri kaydedilmiştir.



**Şekil 6. Çekme Testi**

### BULGULAR Maksimum Dayanım Kuvveti

Talaşlı üretim ve ovalama metodu ile üretilen her bir malzeme grubundan beşer tane numune çekme testine tabi tutularak vida dışlerinin kesmeye karşı dirençleri ölçülmüştür. Tespit edilen maksimum kuvvetler Tablo.3'te verilmiştir. Buna göre AISI304 malzemeden ovalama metodu ile üretilen numuneler 9691,40 N ile en yüksek dayanımı gösterirken talaşlı üretim metodu ile üretilen AL6082 malzemeden üretilen numuneler 2902,40N kuvvet ile en düşük dayanımı göstermişlerdir. Üretim metodu referans alındığında bütün malzeme gruplarında ovalama metodu ile üretilen numunelerde farklı oranlarda daha



yüksek dayanım ölçülmüştür. Bu durum literatürde yapılan çalışmalarla örtüşmektedir(Ibrahmi et al., 2017)(Sağlam & Kuş, 2011) (“UlusalEO16(2).pdf,” n.d.).

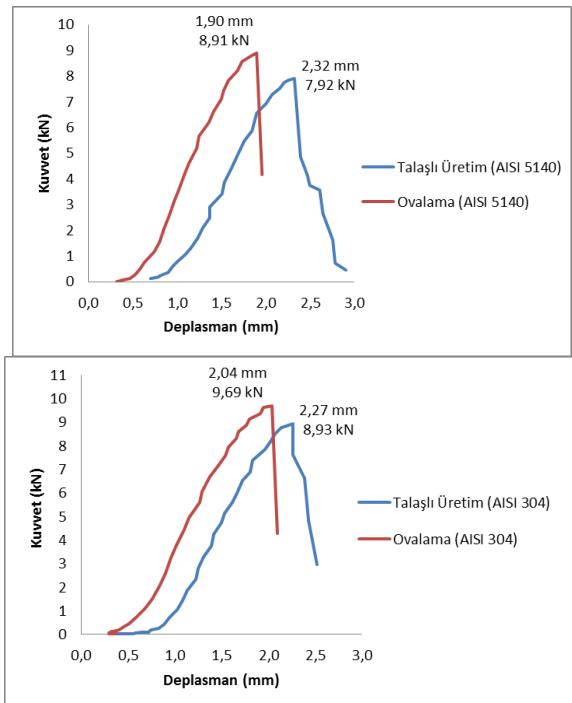
**Tablo 3. Test Sonucu Ortalama Maksimum Kuvvet Ve Sapma Değerleri**

Malzeme	Ortalama Maksimum Kuvvet (N)		Sapma (N)	
	Talaşlı Üretim	Ovalama	Talaşlı Üretim	Ovalama
AISI 5140	7919,40	8909,20	± 664,72	± 460,16
AISI 304	8930,00	9691,40	± 641,60	± 114,32
AL 6082	2902,40	3669,20	± 268,72	± 157,44
Ti-Grade2	5260,00	6695,60	± 602,80	± 85,28

Ayrıca Tablo 3’te numuneler arasındaki toleranslar dahilindeki sapmaların test sonuçlarına yansımıası da tespit edilmiştir. Numuneler 6g tolerans değerlerine uygun olarak imal edilmiştir. Numunelerin toleranslara uygunlu geçer geçmez vida mastarı ile kontrol edilmiştir. 6g toleransına göre dış üstü çapındaki sapma 0.15mm, bölüm dairesi çapındaki sapma 0.095mm ve dış dibi çapındaki sapma 0.126 mm’dır. Yaklaşık 0.1mm lik ölçü farklılıklar kabul edilebilir seviyededir. Ancak tolerans dahilindeki ölçü farklılıklarını numunelerin dış dayanımları arasında farklı oranlarda sapmalara neden olmuştur. Tablo 3’te verilen sapmalar incelendiğinde ovalama metodundaki sapmalar yaklaşık 2.5 kat daha azdır. Bu da ovalama metodu ile üretilen vidaların geometrik, ölçüsель ve yüzey morfolojisi açısından eşdeğer olduğunu ispatlamaktadır(Sağlam & Kuş, 2011).

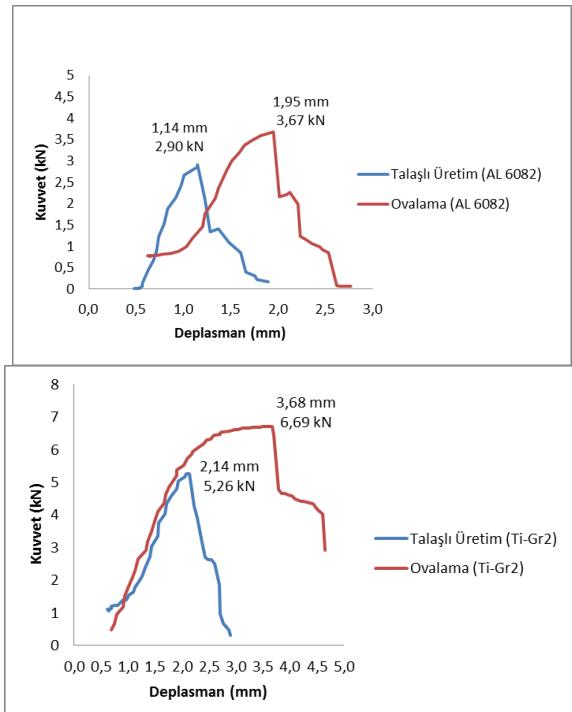
### Üretim Metodunun Dayanıma Etkisi

Bütün malzeme gruplarında ovalama metodu ile üretilen numuneler daha fazla dayanım göstermişlerdir. Farklı malzeme gruplarından farklı metodlar ile üretilen numunelerin ortalama maksimum dayanım kuvvetlerindeki deplasman değerleri Şekil 7’deki grafiklerde verilmiştir. Buna göre AISI5140 ve AISI304 malzemelerden üretilen numunelerin mekanik değerleri benzerlik gösterirken AL6082 ve Ticari Saf Titanyum (Ti-Gr2) malzemelerden üretilen numunelerin mekanik değerleri birbirleri ile benzerlik göstermişlerdir. AISI5140 ve AISI304 malzemelerden talaşlı üretim metodu ile üretilen numunelerde maksimum kuvvetin olduğu anda deplasman değerleri ovalama metoduna göre daha büyüktür. AL6082 ve Ti-Gr2 malzemelerde durum tersinedir. Bu malzemelerde Şekil 7c ve 7d’de görüldüğü üzere ovalama yönteminde maksimum dayanım kuvveti arttığı gibi deplasman da artmaktadır. Dayanım kuvvetinin ve deplasmanın artması malzemeleri hem dayanıklı hem de daha esnek bir yapıda olduğunu işaret etmektedir. AISI5140 ve AISI304 malzemeleri için ovalama metodunda soğuk şekillendirmenin etkisi ile vida dış profili boyunca tane yapısının küçülmesine bağlı olarak sertliğin artması ve buna bağlı olarak ta vida dışlerinin dayanımının artarken sünekliğinin azalması sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Şekil 7a ve 7b’de verilen grafikler bu durumu doğrulamaktadır. Ancak Şekil 7c ve 7d’deki veriler incelendiğinde ovalama metodunda dayanım artarken süneklik te artış göstermiştir. Bu durumun metalürjik olarak ayrıca incelenmesi gerekmektedir.



(a) AISI 5140

(b) AISI 304



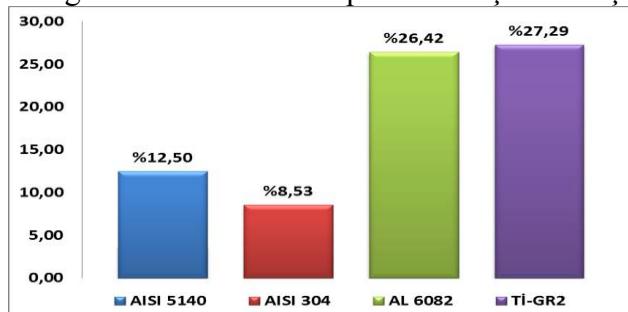
(c) AL 6082

(d) Ticari Saf Titanyum (Ti-Gr2)

**Şekil 7. Malzemelerin Talaşlı Üretim ve Ovalama Metoduna Göre Ortalama Maksimum Kuvvetleri ve Deplasman Değerleri**

Ovalama metodu ile talaşlı üretim metodu kıyaslandığında ovalama metodunun vidanın dış kesme mukavemetini iyileştirme oranları Şekil 8'de gösterilmiştir. Farklı malzemelerde %8.53-%27.29 arasında farklı oranlarda iyileşmeler tespit edilmiştir. En fazla mukavemet

artışı %27.29 oranla Ticari Saf Titanyumda (Ti-Gr2) gerçekleşirken artış oranın en düşük olduğu malzeme AISI304 paslanmaz çelikte ölçülmüştür.



**Şekil 8. Ovalama Metodu İle Üretilen Numunelerde Mekanik Dayanımın Artış Oranları**

Ovalama bir soğuk şekillendirme metodudur. Basınç altında iki veya üç kalıp arasında oda sıcaklığında malzemenin şekillendirilmesi esasına dayanmaktadır. Soğuk şekillendirmede malzemenin şekillendirilebilirliği ile ilgili %uzaması ve sertlik gibi mekanik değerler önem arz ederken deformasyon sonucu oluşan sertlik ve bunun doğrudan etkilediği dayanım, pekleşme (deformasyon sertleşmesi) özelliklerine bağlı olarak malzemeden malzemeye farklılık göstermektedir. Hollomon bağıntısına (6) göre gerilme dayanımı malzemenin dayanım sabitine, birim şekil değişimine ve pekleşme katsayısına bağlıdır.

$$\sigma_t = K \cdot \varepsilon_t^n$$

(6)

Burada  $\sigma_t$  malzemenin gerçek gerilme dayanımını ( $N/mm^2$ ),  $K$  malzemenin dayanım sabitini (MPa),  $\varepsilon_t$  gerçek birim şekil değişimini ve  $n$  ise pekleşme katsayısını (pekleşme üsteli) göstermektedir. Özellikle pekleşme katsayısi deformasyon sertleşmesinin ilgili malzemeden malzemeye değişkenlik gösterir ve 0.05 ile 0.5 arasındadır. Teorik olarak düşünüldüğünde pekleşme katsayısi 0 ile 1 arasındadır. İdeal elastik malzeme için  $n=0$  olduğu durum (Şekil 9a), ideal plastik malzeme için  $n=1$  olduğu durum (Şekil 9b) geçerlidir. Şekil 9c'de ideal pekleşebilen malzemenin gerilim-birim şekil değişim grafiği verilmiştir. Şekil 9'dan anlaşılabileceği üzere malzemenin elastikliği arttıkça pekleşme sabiti büyümekte ve soğuk şekillendirmede deformasyon sertleşmesine bağlı olarak dayanım değişimi daha az olmaktadır.



(a) İdeal Elastik Malzeme      (b) İdeal Plastik Malzeme      (c) İdeal Pekleşen Malzeme

#### **Şekil 9. Pekleşme Sabitinin ( $n$ ) Farklı Olduğu Durumlarda Malzemenin Davranışı**

Tablo 4'te çalışma kapsamında incelenen malzemelerin dayanım sabiti ve pekleşme katsayıları verilmiştir. Şekil8'de verilen AL6082 ve Ti-Gr2 malzemelerin dayanımlarının ovalama metodu ile diğer malzemelere kıyasla daha fazla artış göstermesinin sebebi pekleşme katsayılarının düşük olması olarak yorumlanmıştır.

**Tablo 4. Malzemelerin Dayanım ve Pekleşme Katsayıları**

Malzeme	Dayanım Sabiti (K)	Pekleşme Üsteli (n)
AISI 5140	1015 MPa	0.17
AISI 304	1481 MPa	0.41
AL 6082	210 MPa	0.13
Ti-Grade2	550 MPa	0.11

SONUC

Çalışmada ISO 'nın belirlemiş olduğu soğuk şekillendirilebilirliği olan dört grup malzemeden talaşlı üretim ve ovalama metodu ile üretilen M5x0.8 ölçüsünde 47mm boyundaki numunelere çekme testleri uygulanmıştır. Aynı şartlarda beşer tane test sonucunun ortalaması alınarak vida dişlerinin maksimum dayanacağı kesme kuvvetleri ve kesme esnasındaki birim şekil değişimleri tespit edilmiştir. Numunelerin imalatında ölçü farklılıklarının dayanıma etkisini minimize etmek için numuneler 6g toleransında geçer-gecmez vida mastarı ile kontrol edilmiştir. Numunelerin dis profilindeki dayanım farkı



ölçülmek istendiğinden her bir test için ayrı sertleştirilmiş çelikten (30-32 HRc) imal edilmiş somunlar kullanılmıştır. Yine bununla beraber numunenin ortadan kopmayıp vidaların kesilmesini sağlamak için gerilime maruz kalacak dış adedi somun kalınlığı ile ayarlanmıştır. Bu şekilde talaşlı üretim ve ovalama metodlarının farklı malzeme gruplarında dayanıma nasıl etki ettiği deneysel olarak incelenmiştir. Test sonuçlarından elde edilen bilgiler aşağıda özetlenmiştir:

- 1) Bütün malzeme gruplarında ovalama metodu ile üretilen numuneler %8.53 ile %27.29 oranında daha mukavemetli olduğu tespit edilmiştir. Ovalama metodu ile mukavemet artışı paslanmaz çelikte (AISI304) %8.53, karbonlu çelik malzemede (AISI5140) %12.5, alüminyum alaşımında (AL6082) %26.42 ve ticari saf titanyum kalite 2 alaşımında (cpTi-Gr2) %27.29 olarak kaydedilmiştir.
- 2) Malzeme grupları arasındaki mukavemet artış farkı ilgili malzemenin pekleşme katsayısı ile ilgili olduğu belirtilmiştir. Buna bağlı olarak pekleşme katsayısı düşük olan malzemelerin deformasyon sertleşmesi daha fazla olduğundan alüminyum ve titanyum alaşımlarında mukavemet artışı daha fazla olmuştur.
- 3) Ovalama metodunda numuneler arasında eşdeğerlik (tekrarlanabilirlik) test sonuçlarından elde edilen verilerdeki sapmalarla ortaya konulmuştur. Ovalama metodundaki sapmalar talaşlı üretim metoduna göre yaklaşık 2.5 kat daha iyidir.
- 4) Ovalama metodunun proses hızı talaşlı üretmeye göre yaklaşık 10-12 kat daha iyidir.
- 5) Özellikle parça sayısının fazla olduğu durumlarda proses hızına bağlı olarak ovalama metodunda maliyet daha düşüktür.
- 6) Talaşlı üretim metodunda ham malzemeden talaş kaldırılarak (malzeme eksiltme) dış dibi çapına kadar işleme yapılmakta buna karşın ovalama metodunda ovalama çapındaki ham malzeme kalıplar arasında basınç altında şişirilmek suretiyle nihai ürüne dönüşmektedir. Bu şekilde ovalama metodunun malzeme sarfiyatı konusunda üstünlüğü bulunmaktadır.

## ÖNERİLER

Soğuk şekillendirmenin etkisi ile karbonlu çelik ve paslanmaz çelik malzemelerde dayanım artarken şekil değişimi azalmıştır. Ancak titanyum ve alüminyum alaşımında mukavemet artışı ile beraber şekil değişimi de artış göstermiştir. Diğer bir deyişle mukavemet artarken pekleşme bölgesindeki süneklik te artmaktadır. Bu durum metalürjik olarak incelenebilir. Çalışma kapsamında farklı malzemelere sadece çekme testi uygulanmıştır. Vida üretim yönteminin eğilme, kesme, burulma ve yorulma dayanımlarının da ölçülmesi için farklı testlere de tabi tutulabilir.

Bu çalışma Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Proje Birimi'nin hızlı destek projesi desteği ile gerçekleştirilmiştir.

## KAYNAKLAR

Bethlehem, W. F. (1983). Forming Perfect Threads by the Continuous Process. *Wire World*



- Int.*, 25(1), 25–28.
- Bethlehem, W. F. (1985). Amount of forming work in axial thread rolling. *Wire World Int.*, 27(3), 47–48.
- Domblesky, J. P., & Feng, F. (2002). A parametric study of process parameters in external thread rolling. *Journal of Materials Processing Technology*, 121(2–3), 341–349. [https://doi.org/10.1016/S0924-0136\(01\)01223-7](https://doi.org/10.1016/S0924-0136(01)01223-7)
- Elias, C. N., Meyers, M. A., Valiev, R. Z., & Monteiro, S. N. (2013). Ultrafine grained titanium for biomedical applications: An overview of performance. *Journal of Materials Research and Technology*, 2(4), 340–350. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2013.07.003>
- Heinz Tschaetsch. (2004). *Metal Forming Practise. Chemistry & ....* <https://doi.org/10.1007/3-540-33217-0>
- Ibrahmi, A., Hbaieb, M., & Krichen, A. (2017). Experimental study of the effect of the threading process on the mechanical and tribological behaviors of the triangular thread. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 88(1–4), 269–276. <https://doi.org/10.1007/s00170-016-8738-6>
- Ivanov, V. (1997). Rolling of internal threads: Part 2. *Journal of Materials Processing Technology*, 72(2), 221–225. [https://doi.org/10.1016/S0924-0136\(97\)00172-6](https://doi.org/10.1016/S0924-0136(97)00172-6)
- Maciel, D. T., Filho, S. L. M. R., Lauro, C. H., & Brandão, L. C. (2015). Characteristics of machined and formed external threads in titanium alloy. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 79(5–8), 779–792. <https://doi.org/10.1007/s00170-015-6858-z>
- Sağlam, H., & Kuş, R. (2011). Performance of Internal Thread Rolling Head and The Mechanical Properties of Rolled Thread. *Sixth International Advanced Technological Symposium*, (May), 210–217. UlusalEO16(2).pdf. (n.d.).
- Wrigley, A. (1995). Critical times for fastener firms. *Am. Met. Market*, 103(63), 4.



## PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF POLY(VINYL ALCOHOL)/BORON MINERAL (PVA/BM) COMPOSITE MATERIAL TO BE USED IN SOLAR ENERGY CONVERSION AND STORAGE

Huseyin ZENGİN

Department of Chemistry, Faculty of Science and Literature, Gaziantep University,  
Gaziantep, 27310, Turkey  
hzengin@gantep.edu.tr

Yasin OZDEMİR

Department of Chemistry, Faculty of Science and Literature, Gaziantep University,  
Gaziantep, 27310, Turkey  
yozdemir9@yandex.com

Gulay ZENGİN

Department of Chemistry, Faculty of Science and Literature, Gaziantep University,  
Gaziantep, 27310, Turkey  
gzengin@gantep.edu.tr

**ABSTRACT:** Poly(vinyl alcohol) (PVA) known to be a synthetic water-soluble polymer of hydrophilic nature. The characteristics of simple PVA may be influenced by the degrees of polymerization and/or the degree of hydrolysis. PVA films have superiority over polypropylene (PP) and polyvinyl chloride (PVC) as a result of PVA being able to bear static electricity and good optical transmission. Further, PVA can provide films of impressive gloss and low oxygen permeability, thus may be useful for coating coriaceous materials (Manfred, 2000). Boron is a semi-metal and boron minerals (BMs) are used widely in a variety of industrial fields. Borax and boric acid obtained from boron minerals have special applications in the nuclear field, defense industry, jet and rocket fuel productions, soaps, detergents, solder fabrications, photography, textile dyes, glass fiber and paper industry. Additionally, elemental boron has been used as a dopant in semiconductor industries (BOREN, 2015). Focus on composite material technologies has lead to improvements in composite productions for better industrial and technological applications. For example, inorganic fillers as composite have been used efficiently without the loss of desired such as increased surface hardness, reduced shrinkage, flame retardance, provide color retention, improvements in appearance, required change thermal and electrical conductivities and reduced costs (Dang, et al., 2004). Also, size-energy relationships and the heat property of particles obtained as a result of crumbling is an interesting area of study. The literature provides work on passive thermal energy storage systems, where PVA-salt hydrate mixtures have been examined and water-retaining inorganic materials have been studied. These types of materials possess hidden heat storage properties and are preferred as they are cost effective storage systems (Hartman, et al., 2001). Other studies have revealed the possibility of concealing commonly used salt hydrates. PVA, a water-holding polymer, has been combined with sodium sulphate decahydrate ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) and calcium chloride ( $\text{CaCl}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) and reported to be an economical method the preparation of passive thermal energy storage systems (Cabeza, et al., 2011). This study presents poly(vinyl alcohol)/boron mineral (PVA/BM) composites, prepared by *ex-situ* solution mixing method and the subsequent characterizations. Ultrasonic shredding method was used for the crumbing of BM particles. Films of pure PVA and PVA/BM composites were produced from these materials for potential use in



optical or various industrial devices. The chemical and physical properties were evaluated by various different spectroscopic and microscopic methods. Also the electrical conductivities of pure polymer and composite films were measured, and the morphology of pure polymer and composite films were investigated. New PVA/BM composite materials were prepared to be suitably industrialized for potential in solar energy conversion and storage systems and devices.

**Key words:** poly(vinyl alcohol), boron mineral, composite material, solar energy conversion and storage

## REFERENCES

- BOREN (2015), Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü 2015 Yılı Faaliyet Raporu, Ankara, Turkiye.
- Cabeza, L.F., Castell, A., Barreneche, C., de Gracia, A., & Fernández, A.I. (2011). Materials used as PCM in thermal energy storage in buildings: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(3), 1675-95
- Dang, Z. M., Zhang, Y. H., & Tjong, S. C. (2004). Dependence of dielectric behavior on the physical property of fillers in the polymer-matrix composites. *Synthetic Metals*, 146, 79-84.
- Hartman, M., Trnka, O., Vesely, V., & Svoboda, K. (2001). Thermal dehydration of the sodium carbonate hydrates. *Chemical Engineering Communications*, 185(1), 1-16.
- Manfred, L. (2000). Hallensleben "Polyvinyl Compounds, Others" in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Vol. 29, Wiley-VCH, Weinheim, Germany.



## SOME PHYSICOCHEMICAL AND SENSORY PROPERTIES OF ICE CREAM SAMPLES PRODUCED BY DIFFERENT MILK TYPES WITH DIFFERENT AMOUNTS

Nuray GÜZELER

Cukurova University Food Engineering Department Adana  
nsahan@cu.edu.tr

Leyla DOĞDU

Cukurova University Food Engineering Department Adana  
leyla\_0146@windowslive.com

Murat KALENDER

Cukurova University Food Engineering Department Adana  
mkalender@cu.edu.tr

Çağla ÖZBEK

Cukurova University Food Engineering Department Adana  
cглаayldrm@gmail.com

**ABSTRACT:** In this research, ice creams were produced by using cow and goat milks in different ratios (as 100% goat milk, 75% goat-25% cow milk, 50% goat- 50% cow milk, 25% goat-75% cow milk and 100% cow milk) and these ice creams were produced in three replication. The effects of using different milk types on pH, titration acidity, fat content, ash content, overrun, penetrometer value, viscosity, first dripping time, completely melting time and sensory properties of ice creams were evaluated.

According to results obtained, using of different milk types had statistically significant effects on all evaluated properties of ice creams ( $p<0.05$ ). It was determined by increasing the amount of goat milk that was used in the ice cream production; titration acidity, fat content and viscosity also increased but pH and overrun values were decreased. As a result of sensory analysis; the most desirable ice cream in terms of color-appearance, structure-consistency and odor-taste was which had 100% goat milk. 50% goat-50% cow milk, 75% goat-25%cow milk, 100% cow milk and 25% goat-75% cow milk ice cream followed this respectively.

**Key words:** Ice cream, goat milk, cow milk, physicochemical, sensory properties

## INTRODUCTION

Ice cream is a dairy product which is produced by pasteurization and freezing of mix that includes milk components, sucrose, dextrose, corn syrup, water, egg and egg products, flavoring components, stabilizer, emulsifier and optionally other components (Kirdar, 2003). Ice cream was consumed in only specific seasons by adding some honey, sherbet, fruit or wine to ice. However today it is an industrial product which contains different food additives and can be consumed in all seasons (Açu, 2014).

Ice cream production began in İstanbul and Kahramanmaraş in Turkey in early 1900s (Tekinşen, 1993).Goat milk is generally preferred by ice cream producers (Bars and



Akbay, 2016). Although goat milk and products are remarkably produced and consumed in many countries, it is possible to remark that it is insufficient in Turkey. Total goat milk production showed 57% decrease in Turkey while it showed 98% increase in the world between 1980 and 2008. In last years, it increased again and reached to 477824 tons in 2015. Only 2% of total milk production is provided by goat milk and generally goat milks are obtained by “Kıl” goats in Turkey. Goat milk is mixed with other milk types such as cow milk, ewe milk or mixture of them and processed as cheese or ice cream (Savran et al, 2011; Kavakoğlu et al, 2016; Semerci and Çelik, 2016).

Goat milk has become more valuable alternative to cow milk because of its nutritional properties. Goat milk and its products have high digestibility (small fat globules), have low allergen properties and contain bio-functional components (poly unsaturated fatty acids and serum proteins). Therefore it has an important role in human nutrition (Rampilli and Cortellino, 2004; Haenlein, 2004).

Goat milk has good effects on ice creams as it has special flavor and it may be used by mixing with cow milk because of its limited production. Although goat milk production has increased in last years, it is important to continue it. In this research, ice cream which was produced by using goat and cow milks in different ratios and their physical, chemical and sensory properties were compared.

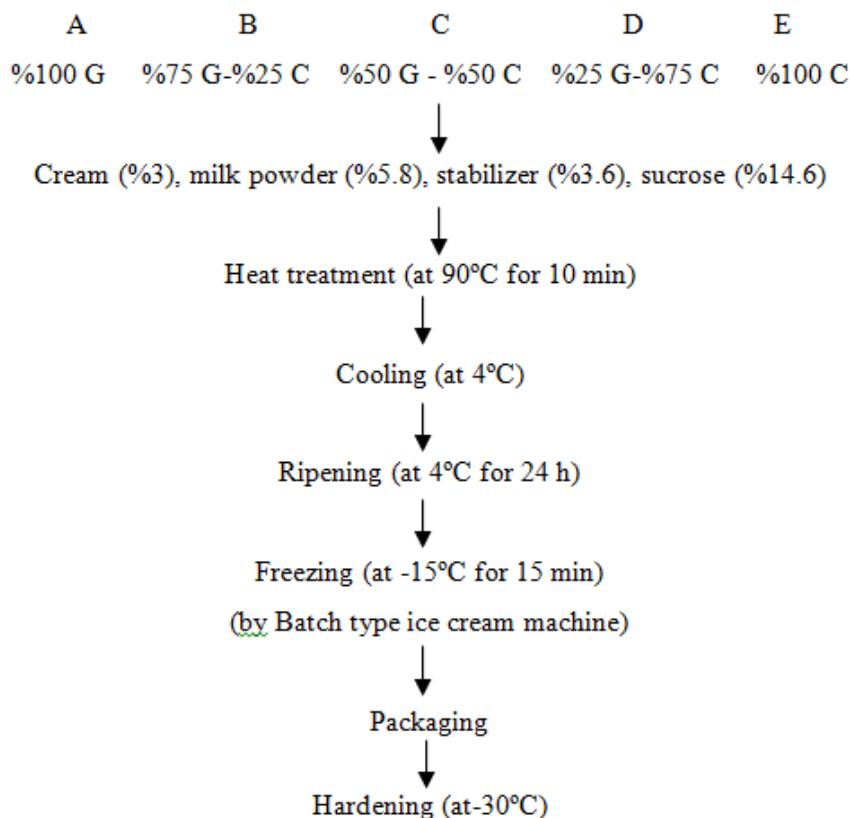
## MATERIAL AND METHOD

### Material

Raw cow milk and cream (70% fat w/w) were obtained from Cukurova University Faculty of Agriculture, Research and Application Farm Animal Husbandry Branch. Raw goat milk that was used in the production was supplied from Mado. Tuttopann, Saffice and Somix which are mixture of emulsifier and stabilizer were supplied from local markets. Tuttopan contains guar gum, sodium carboxymethylcellulose and carrageenan as stabilizer and E 471 (mono and diglycerides), milk proteins and flavoring agents as emulsifier. Soffice contains dextrose, milk proteins, egg yolk powder and guar gum. Somix contains glycole syrup, egg yolk powder, guar gum and soy proteins. Sucrose was supplied from local markets. Skimmed milk powder was supplied from Pınar A.Ş. plant and it had 21% lactose and 3.6% protein contents. As packaging material for ice cream; 150 gram of polyethylene terephthalate cups were supplied from Cukurova University Faculty of Agriculture, Research and Application Farm Animal Husbandry Branch.

### Method

Ice cream production was performed in Cukurova University Agriculture Faculty Food Engineering Department Dairy Technology Laboratory. Goat and cow milks were mixed in five different ratios. A sample was obtained by 100% goat milk, B sample was obtained by 75% goat milk and 25% cow milk, C sample was obtained by 50% goat milk and 50% cow milk, D sample was obtained by 25% goat milk and 75% cow milk and lastly E sample was obtained by 100% cow milk. Cream that contains 70% fat (3%), skimmed milk powder (5.8%), stabilizer (3.6%) and sucrose (14.6%) were added to milk samples and they were heat treated at 90°C for 10 minutes. Heat treated mixes were cooled to 4°C and stored at this temperature for 24 hours. Ice cream mixtures were frozen by Batch type ice cream machine at -15°C for 15 minutes. After packaging of ice creams, they were hardened at -30°C.



**Figure 1. Flow Chart of Ice Cream Production Performed by Using Goat and Cow Milks with Different Ratios**

pH values of ice cream samples were determined by WTW pH meter (Marshall, 1992). Acidity analyses were performed according to alkali titration method and 0.1 N NaOH solution was used as alkali. The results were expressed as SH (Sooxel Henkel) (T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Gıda İşleri Genel Müdürlüğü, 1983). Fat contents of ice cream samples were determined by Gerber method (Yöney, 1973; Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2004). Ash contents of samples were determined by burning of samples at 550°C (Kurt et al, 2007). For determining overrun amount; ice cream samples were melted at 50°C and increasing of volume was measured (Cortell et al, 1979; Koçak, 1981). Penetrometer values were determined by using penetrometer device and results were expresses as 1/10 mm (Koçak, 1981). Viscosities of ice cream samples were determined by Oswald viscometer that has capillary tips and results were expressed as mm<sup>2</sup>/sec (TSE, 1992). First dripping and completely melting time of samples were determined by putting 50 gram of ice cream samples on a wire grid and waiting their first drop and completely melting (Cotrell et al, 1979). Sensory analyses of ice cream samples were performed by panelist group that had 7 members. They were performed according to TSE 1992 (Turkish Standard Institute) ice cream notification (Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2004). Statistical analysis were performed by using SPSS 21.0 version in terms of Duncan multiple comparison test (Bek and Efe, 1995).



## RESULTS AND FINDINGS

Some physicochemical properties of ice cream samples that were produced by goat and cow milks were showed at Table 1. Ice cream obtained by 100% goat milk was defined as A sample, 75% goat milk and 25% cow milk was defined as B sample, 50% goat milk and 50% cow milk was defined as C sample, 25% goat milk and 75% cow milk was defined as D sample and 100% cow milk was defined as E sample.

**Table 1. Some Physicochemical Properties of Ice Cream Samples**

Properties	A	B	C	D	E
pH	6.44±0.02 <sup>c</sup>	6.56±0.04 <sup>b</sup>	6.56±0.02 <sup>b</sup>	6.46±0.06 <sup>c</sup>	6.66±0.04 <sup>a</sup>
Titration acidity (SH)	11.59±0.05 <sup>a</sup>	11.30±0.55 <sup>a</sup> <sup>b</sup>	10.65±0.50 <sup>bc</sup>	10.44±0.3 <sup>0c</sup>	10.03±0.3 <sup>2c</sup>
Fat (%)	4.76±0.11 <sup>a</sup>	4.60±0.10 <sup>ab</sup>	4.50±0.10 <sup>b</sup>	4.16± <sup>0.15c</sup>	4.23±0.15 <sup>c</sup>
Ash (%)	1.33±0.27 <sup>a</sup>	1.29±0.21 <sup>a</sup>	1.16±0.08 <sup>a</sup>	1.18±0.16 <sup>a</sup>	1.28±0.37 <sup>a</sup>
Overrun (%)	36.16±2.70 <sup>d</sup>	41.04±1.80 <sup>c</sup>	44.75±1.90 <sup>c</sup>	49.32±1.1 <sup>7b</sup>	53.51±2.4 <sup>5a</sup>
Penetrometer (1/10 mm)	15.86±2.40 <sup>a</sup>	14.73±1.09 <sup>a</sup>	14.83±1.07 <sup>a</sup>	16.26±1.2 <sup>3a</sup>	14.20±0.9 <sup>8a</sup>
Viscosity (mm <sup>2</sup> /sec)	220.20±1.6 <sup>5a</sup>	217.81±1.0 <sup>9ab</sup>	216.23±1.18 <sup>bc</sup>	213.40±3. <sup>05c</sup>	208.06±2. <sup>64d</sup>
First dripping time (min)	9.10± 3.74 <sup>a</sup>	8.26±3.01 <sup>a</sup>	9.30±1.33 <sup>a</sup>	9.35±2.71 <sup>a</sup>	8.09±3.57 <sup>a</sup>
Completely melting time (min)	62.38±15.3 <sup>7a</sup>	65.18±10.1 <sup>2a</sup>	60.19±4.63 <sup>a</sup>	63.54±8.5 <sup>4a</sup>	71.13±10. <sup>04a</sup>

a, b, c: Values that are shown in the same line with different exponential letters are different in terms of p<0.05 level of significance.

When the physicochemical properties were investigated, it was determined that using of goat and cow milks with different ratios had statistical significant effects on pH, titration acidity, fat content, overrun and viscosity values of ice cream samples (p<0.05). However there were no significant effects of different milk type using on ash content, penetrometer value, first dripping and completely melting times (p>0.05). According to obtained results it was determined that titration acidities and viscosities of ice cream samples increased and overrun amounts decreased when goat milk amounts of ice cream increased. Goat milk has higher protein and fat contents. Therefore it can surround the air bubbles and it creates more intense consistency. This is the reason of higher viscosity and lower overrun amount of goat milk ice cream. The changes that were happened in titration acidities of ice cream samples were caused by having higher acidity of goat milk than cow milk's acidity.

The scores belong to sensory properties of ice cream samples were given at Table 2. According to performed analysis; maximum values of color and appearance were 5 points, structure and texture were 5 points, taste and odor were 10 points and total score was evaluated as 20 points.

**Table 2. Sensory Properties of Ice Cream Samples**

Properties	A	B	C	D	E
Color and appearance	4.60±0.10 <sup>a</sup>	4.50±0.20 <sup>ab</sup>	4.50±0.10 <sup>ab</sup>	4.30±0.10 <sup>b</sup>	4.45±0.05 <sup>ab</sup>
Structure and texture	4.60±0.10 <sup>a</sup>	4.35±0.05 <sup>b</sup>	4.30±0.10 <sup>b</sup>	4.20±0.10 <sup>b</sup>	4.30±0.10 <sup>b</sup>
Odor and taste	8.80±0.10 <sup>a</sup>	8.76±0.07 <sup>a</sup>	8.92±0.02 <sup>a</sup>	8.80±0.10 <sup>a</sup>	8.80±0.10 <sup>a</sup>
<b>TOTAL</b>	<b>18</b>	<b>17.61</b>	<b>17.72</b>	<b>17.30</b>	<b>17.55</b>

a, b, c: Values that are shown in the same line with different exponential letters are different in terms of p<0.05 level of significance.

When the sensory properties of ice cream samples were evaluated, the effects of using different milk types were found statistically significant on color-appearance and structure-texture (p<0.05). There were no significant effects on odor-taste properties of ice cream samples (p>0.05). The most liked ice cream sample was chosen as 100% goat milk ice cream in terms of color-appearance and structure-texture properties. 50% goat and 50% cow milk ice cream sample was chosen the most desired sample in terms of taste and odor. The least liked ice cream sample was 25% goat and 75% cow milk ice cream in terms of all sensory properties. 100% goat milk ice cream had the highest score and 50% goat and 50% cow milk ice cream, 75% goat and 25% cow milk ice cream, 100% cow milk ice cream and 25% goat and 75% cow milk ice cream samples followed it respectively.

## CONCLUSION

In this research, ice cream production was performed with three replications by using five different amounts of goat and cow milk (100% goat milk, 75% goat-25% cow milk, 50% goat-50% cow milk, 25% goat-75% cow milk and 100% cow milk). In the scope of the research; the effects of different milk types and milk amount using on pH, titration acidity in terms of SH, fat content, ash content, overrun amount, penetrometer value, viscosity, first dripping time, completely melting time, color-appearance, structure-texture and odor-taste properties of ice cream samples were investigated.

According to obtained results, using of goat milk and cow milk with different amounts had significant effects on pH, titration acidities, fat content, overrun amount and viscosities of ice cream samples (p<0.05) but there was no significant effect on ash content, penetrometer values, first dripping time and completely melting time of ice cream samples (p>0.05). As a result of sensory analysis, the most desired ice cream sample was selected as 100% goat milk ice cream and 50% goat and 50% cow milk ice cream, 75% goat and 25% cow milk ice cream, 100% cow milk ice cream and 25% goat and 75% cow milk ice cream samples followed it respectively. It was generally determined that ice cream samples which had higher amount of goat milk were preferred than cow milk ice cream samples. It may be recommended that using 100% goat milk in ice cream production in accordance with obtained results of sensory analyses.

## REFERENCES

- Açu, M., (2014). *Fonksiyonel özelliklerini geliştirilmiş dondurma üretimi*. Master Thesis, Ege University Institute of Science and Technology, İzmir, sp.124.



- Bars, T., & Akbay, C., (2016). Kahramanmaraş ilinde dondurma işletmelerinin yapısal analizi. *TEAD*, 2(2): 35-45.
- Bek, Y., & Efe, E., (1995). *Araştırma deneme metotları I*. Ç.Ü.Z.F. Yayın No: 71, Adana, pp. 395.
- Cotrell, J. F. L., Pass, G., & Phillips, G.O., (1979). Assesment of polysaccharides as ice cream stabilizers. *J. Sci. Food Agric.* 30: 1085-1089.
- Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, (2004). *Turkish food codex ice cream notification*. No: 2004/45.
- Haenlein, G.F.W., (2004). Goat milk in human nutrition. *Small Ruminant Research*, 51:155-163.
- Kavakoğlu, H., Okur, Y. & Kaya, E., (2016). *Süt üretimi üzerine sektör analizi*, Retrieved March 06, 2017 from [http://www.ankaratb.org.tr/lib\\_upload/S%C3%BCt%20%C3%9Cretimi%20%C3%9Czerine%20Sekt%C3%B6r%20Analizi.pdf](http://www.ankaratb.org.tr/lib_upload/S%C3%BCt%20%C3%9Cretimi%20%C3%9Czerine%20Sekt%C3%B6r%20Analizi.pdf)
- Kirdar, S., (2003). Burdur ilinde satılan dondurmaların bazı nitelikleri üzerine araştırmalar. *Gıda*, 28(2):175-181.
- Koçak, C., (1981). *Süt ve mamülleri teknolojisi*. Sınai Eğitim ve Geliştirme Merkezi Genel Müdürlüğü (Segem) No:103, Ankara, pp. 291.
- Kurt, A., Çakmakçı, S. & Çağlar, A., (2007). *Süt ve mamülleri muayene ve analiz metotları rehberi*. Atatürk Üniversitesi Yayınları, No: 252/D, pp. 254.
- Marshall, R.T., (1992). *Standart method for the examination of dairy products*, 16th edition, APHA 1015, Washington, USA.
- Rampilli, M. & Cortellino, G., (2004). Evaluation of bio-functional proteins in goat milk and cheeses: The future of the sheep and goat dairy sectors, *International Symposium: Session 5-01*, Zaragoza, Spain.
- Savran, F., Aktürk, D., Dellal, İ., Tatlidil, F., Dellal, G., & Pehlivan, E. (2011). Türkiye'de seçilmiş bazı illerde keçi sütü ve ürünleri tüketimine etkili faktörler. *Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg.*, 17(2): 251-256.
- Semerci, A. & Çelik, A.D., (2016). Türkiye'de küçükbaş hayvan yetiştiriciliğinin genel durumu. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2):182-196.
- T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Gıda İşleri Genel Müdürlüğü, (1983). *Gıda maddeleri muayene ve analiz yöntemleri*. No:65, Ankara, pp.795.
- Tekinşen, O.C., (1993). *Dondurma üretim teknolojisi*. Selçuk Üniversitesi Basımevi, Konya, pp.119.
- TSE, (1992). *Ice cream standard*. TS 4265, Ankara.
- Yöney, Z., (1973). *Süt ve mamülleri analiz muayene ve analiz metotları*. A.Ü.Z.F. no: 49, Ankara, pp.182.



## HOW COULD PROBLEMS ENCOUNTERED DURING FILE TRANSFER IN BUILDING INFORMATION MODELLING BE SOLVED?

Atakan AKGÜN  
Erciyes University  
atacan@erciyes.edu.tr

Ömer Faruk BAYRAM  
Erciyes University  
bayramomerfaruk@yahoo.com

**ABSTRACT:** BIM aims to create the perfect virtual model that has a potential to host all the data places in the project life cycle. However, there are some problems that need to be solved to achieve this goal. Some of the main issues encountered in BIM applications are software selection when establishing a BIM systematic for a project and file transfer between different softwares named as 'meaningful data' interoperability. On the basis of this problems, different BIM softwares generate data in different formats. Although common file formats are mentioned, unexpected and unpredictable data losses are experienced during sharing between software applications. This can be sometimes seen as geometric distortions or metadata incompatibility. It is aimed that all the participants in the project will create a model by integrating their own disciplinary data. Therefore, in such a comprehensive model, it is foreseen that it is more difficult and more difficult to control the problem of file formatting. What should be done to come from the top of such a situation? Is there an alternative to file sharing? In order to find the right answer, it is necessary to change the point of view to the problem. To share data between the software and the disciplines in the current system, a common language should be created as a file format. But this common language could not occur because of reasons such as software infrastructures, commercial concerns of companies and some other priorities. In order to prevent such problems affecting the overall system, attention should be paid to the 'information' of BIM. Instead of sharing the information through the files, sharing the information directly without files could eliminate the software and format complexity. At this point, Flux may be the answer is being looked for.

**Key words:** Building Information Modelling, BIM, Building Data, Data Sharing, File Transfer



## A REVIEW OF ENVIRONMENTAL HAZARDS OF MINING WASTE IN THE WORLDWIDE

Melek Hanım BEŞER  
Karadeniz Technical University  
mhates@ktu.edu.tr

Esra ATEŞ  
Artvin Çoruh University  
esra\_ates@artvin.edu.tr

**ABSTRACT:** Waste management is an important issue, especially, the management of waste which comes from mining. Therefore, if this mining waste is not managed properly, disasters may occur and all living creatures and environment suffer from these. When the history is examined in detailed, there are many examples of these disasters. In 1998, the retaining dam of a tailing reservoir, containing pyrite ore processing waste, at the Los Frailes mine in Andalucia (southern Spain) collapsed. After all, 3,600 hectares of cultivated area damaged and 12 ton dead fish collected. In 2000, cyanide-containing waste spread due to a 25-meter crack in the waste accumulation dam in the Baia Mare region in North Romania. As a result, approximately 100,000 m<sup>3</sup> of polluted water spread around the area and caused significant damage to the environment. In 2000, 72 acre-coal waste impoundment in Martin County in Kentucky in USA ruptured and more than 300 million gallons of coal waste spilled into Coldwater and Wolf Creeks. The spill killed all aquatic life, vegetation and animals that used the creek water, and disrupted public water supplies. In 2015, Fundão tailings dam, which contained waste from processing iron ore from mines, near the Rio Doce at Marina (State of Minas Gerais, Brazil) collapsed and the waste spilled. The spill has caused 19 fatalities, buried the subdistrict of Bento Rodrigues and dislodged numerous families. As understood from the examples, mining waste may cause big disasters. Despite of the damage of mining waste, mining is indispensable for industrial development, a necessity for supplying of raw materials and also it is necessary to sustain today's life. Therefore, mining waste should be managed thoroughly to protect environment and all creatures.

**Key words:** Environment, Hazard, Mining waste

### 1. Introduction

With the evolving and changing world, the needs of mankind have increased. The increase in these needs forced humankind to seek new raw materials. This has made the mining industry, which supplies raw materials, more important. Therefore, mining has increased day by day and this causes the increase of mining waste. Although mining is necessary for improvement of the world economy and providing a quality life to people, if waste from mining is not managed properly, all ecosystems are damaged. There are some events in the world that prove that the damage could be quite large. In this paper, these disasters and their damages are shown.

### 2. Environmental Hazards due to Mining Waste

In this part four events, which occur due to the mismanagement of mining waste, are presented in detail.

## 2.1 Retaining Dam in Andalucia

On April 25, 1998, the retaining dam of a tailing reservoir, containing pyrite ore processing waste, at the Los Frailes mine in Andalucia (southern Spain) collapsed. After all, 3,600 hectares of cultivated area damaged and 12 ton dead fish collected.



Figure 1. Tailing dam and after collapse of the dam

## 2.2 Cyanide Containing Waste Dump in the Romania

On January 30, 2000, cyanide-containing waste spread due to a 25-meter crack in the waste accumulation dam in the Baia Mare region in North Romania. As a result, approximately 100,000 m<sup>3</sup> of polluted water spread around the area and caused significant damage to the environment.



Figure 2. The effect of spread of cyanide containing waste

## 2.3 Coal Waste in Kentucky

On October 11, 2000, 72 acre-coal waste spilled impoundment in Martin County in Kentucky in USA fractured and more than 300 million gallons of coal waste, which

includes water, diesel fuel, heavy metals, and other contaminant, spilled into Coldwater and Wolf Creeks. The spill killed all aquatic life, vegetation and animals that used the creek water. Besides, it endangered public water supplies in Martin County and other communities along the Tug River.



Figure 3. The view after the spilling coal waste

#### 2.4 Fundão Tailing Dam

On November 5, 2015, Fundão tailing dam near the Rio Doce at Mariana (State of Minas Gerais, Brazil), collapsed. The Fundão tailing impoundment had contained waste from processing iron ore from mine owned by big investors. The collapse of this dam caused a huge human tragedy and most serious environmental disaster in Brazilin history. As a result of this event, 50 million cubic meters of mud and toxic sludge spill around. The spill has caused 19 fatalities and displaced numerous families. Besides, it prevented access to clean water and food for hundreds of thousands of residents in riverside communities. The mud traveled about 650 km along the Rio Doce Basin and caused a massive mortality of its biota.



Figure 4. After collapse of the Fundão tailing dam

### 3. Results and Discussion



In this study, four different events in history were reviewed and it is found that in these events, the common point is the spill of mining waste due to collapse of tailing dam. As a result, both nature and human life have suffered. Therefore, when these dams are constructed, they should be made properly. As understood, mining waste should be managed thoroughly to protect environment and all creatures and also, it should be managed in consideration of the circumstances that may exist both in the present and the future.

#### 4. Conclusion

In this research, events related to mining waste were mentioned and the results were explained. Also, it is revealed that the consequences of mismanagement of mine waste might be catastrophic. Mining is beneficial for a country if the necessary precautions are taken.

#### References

- Aguilar, J., Dorronsor, C., Fernandez, E., Fernandez, J., Garcia, I., Martin, F. and Simon, M., 2004. Soil Pollution by a Pyrite Mine Spill in Spain: Evolution in Time. *Environmental Pollution*, 132, 395-401.
- Avrupa Çevre Ajansı. 2005. Avrupa'da yakın tarihlerde yaşanan doğal felaketlerin ve teknolojik kazaların etkilerinin incelenmesi. Çevre Sorunları Raporu No: 35.
- Guerrero, F. M., Lozano, M. and Rueda-Cantuche, J. M., 2007. Spain's greatest and most recent mine disaster.
- Miranda, L. S. and Marques, A. C., 2016. Hidden Impacts of the Samarco Mining Waste Dam Collapse to Brazilian Marine Fauna –an Example from the Staurozoans (Cnidaria). *Biota Neotropica*. 16(2): e20160169. <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2016-0169>
- Pain, D. J., Sanchez, A. and Meharg, A. A., 1998. The Donana Ecological Disaster: Contamination of World Heritage Estuarine Marsh Ecosystem with Acidified Pyrite Mine Waste. *The Science of Environment*, 22, 45-54.
- Rico, M., Benito, G., Salguerio, A. R., Diez-Herrero, A., Pereira, H. G., 2008. Reported TailingS Dam Failures A review of the European Incidents in the Worldwide Context. *Journal of Hazardous Materials*, 152, 846-852.
- Scott, S. L., McSpirit, S., Breheny, P. and Howell, B. M., 2012. The Long-Term Effects of a Coal Waste Disaster on Social Trust in Appalachian Kentucky. *Organization & Environment* 25(4) 402–418.
- Taggart, M. A., Carlisle, M., Pain, D. J., Williams, R., Osborn, D., Joyson, and Meharg, A. A., 2004. The distribution of arsenic in soils affected by the Aznalcóllar mine spill, SW Spain. *Science of the Total Environment* 323: 137–152



## NEW GENERATION PRODUCTION TECHNOLOGY/ 3D PRINTER

Büşra Aslan

R.A. Mechanical Engineering, Bursa Technical University

busra.aslan@btu.edu.tr

Ali Rıza Yıldız

Prof. Dr. Mechanical Engineering, Bursa Technical University

aliriza.yildiz@btu.edu.tr

**ABSTRACT:** Additive manufacturing (AM) technology has been researched and developed for more than 20 years. AM processes make three-dimensional parts directly from CAD models with the ability to build parts with geometric and material complexities that could not be produced by subtractive manufacturing processes instead of removing materials. Model is usually converted to STL file format and passed to 3D printing process by adding materials layer by layer.\_Three-dimensional printer can be created using methods such as fused deposition modeling (FDM), stereolithography (SLA), selective laser Melting (SLM), selective laser sintering (SLS), and direct Metal sintering (DMS). Main purpose of 3D-printing advancements are to develop printing systems that are able to print new materials, increase printing speed by means of new deposition concepts and reach micro-nanoscale resolution. Continuous and increasing growth experienced since the early years and the successful results up to the present time allow for optimism that additive manufacturing has a significant place in the future of manufacturing. Growth rate of AM technology shows that 3d printers become commonly used system in manufacturing and develop as rapidly as mobile phones.

**Key words:** Additive Manufacturing (AM), 3D Printing, AM Process, AM Future

### References

- [1] Additive Manufacturing: Technology, applications and research needs © Higher Education Press and Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013.
- [2] Design and Construction of a 3d Bioprinter For Bioprinting of Tissues and Organs Levent AYDIN 1, Doç. Dr. Serdar KÜCÜK 1, Yrd. Doç. Dr. Halime KENAR2.
- [3] A Review of Additive Manufacturing Kaufui V.Wong and Aldo Hernandez Department of Mechanical and Aerospace Engineering, University of Miami, Coral Gables, FL 33146, USA Nannan GUO, Ming C. LEU.
- [4] <http://www.moment-expo.com/katmanli-uretim-teknolojileri>



## IRON (FE) AND MANGANESE (MN) REMOVAL FROM BİNGÖL MUNICIPAL LANDFILL LEACHATE BY USING *PHANEROCHAETE CHRYSOSPORIUM* UNDER STATIC LIQUID CULTURE CONDITIONS

Elif KARDAŞ

Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Munzur University,  
62000 Tunceli, Turkey  
[elifkardas4@gmail.com](mailto:elifkardas4@gmail.com)

Numan YILDIRIM

Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Munzur University,  
62000 Tunceli, Turkey  
[numanyildirim44@gmail.com](mailto:numanyildirim44@gmail.com)

**ABSTRACT:** One of the water pollutant sources are heavy metals. Heavy metals, including both essential and non-essential elements, have a particular significance in ecotoxicology since they are highly persistent and all have the potential to be toxic to living organisms. The aim of this study was to remove some metal elements from Bingöl municipal landfill leachate by using *Phanerochaete chrysosporium*. Leachates were collected in regional municipal landfill, Bingöl province of Turkey. Chosen leachates were operating for many years and the leachates generated there were polluted by organic and inorganic compounds. Four experimental groups were designed using sabouraud dextrose broth (SDB), landfill leachate (LL) cotton stalk (CS) as: X (LL diluted 1/10 with SDB); Y, (LL diluted 1/10 with tap water); Z, (LL diluted 1/10 with SDB + CS); and T (LL diluted 1/10 with tap water + CS). The treatment efficiency of *P. chrysosporium* on landfill leachates will be evaluated by removal of Fe and Mn: The highest Fe and Mn removal were obtained as 84.4 and 79.33 % respectively after 15 days of incubation. Our results indicated that the Fe and Mn metals elements were effectively removed from leachate after incubation by *P. chrysosporium*.

**Keywords:** Bingöl landfill leachate; *P. chrysosporium*; Fe; Mn



## NON-ENZYMATIC ANTIOXIDANT RESPONSE OF *GAMMARUS PULEX* TO MALACHITE GREEN DECOLORIZED WITH *CORIOLUS VERSIVOLOR* UNDER BATCH ADSORPTION CONDITIONS OPTIMIZED BY RESPONSE SURFACE METHODOLOGY

Numan YILDIRIM

Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Munzur University,  
62000 Tunceli, Turkey

[numanyildirim44@gmail.com](mailto:numanyildirim44@gmail.com)

Nuran CIKCIKOĞLU YILDIRIM

Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Munzur University,  
62000 Tunceli, Turkey

[nurancyildirim@gmail.com](mailto:nurancyildirim@gmail.com)

Osman SERDAR

Munzur University, Fisheries Faculty, Tunceli, Turkey

[osmserdar@gmail.com](mailto:osmserdar@gmail.com)

Mehtap TANYOL

Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Munzur University,  
62000 Tunceli, Turkey

[mtanyol@munzur.edu.tr](mailto:mtanyol@munzur.edu.tr)

Şule Yüksel TATAR

Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Munzur University,  
62000 Tunceli, Turkey

[sytatar@munzur.edu.tr](mailto:sytatar@munzur.edu.tr)

**ABSTRACT:** The effluents from dye manufacturing and consuming industries are highly colored coupled with high chemical and biological demands (COD and BOD) and suspended solids. Discharge of such effluents imparts colour to receiving streams and affects its aesthetic value. The aim of the present work was to study the adsorption and treatment capacity of *Coriolus versicolor* for a dye removal, malachite green, from aqueous solution under optimized experimental conditions with Response Surface Methodology (RSM). Then *Gammarus pulex* as a biomonitor organism was exposed to this decolorized aqueous solutions for evaluating the treatment efficiency of batch decolorizing process optimized with RSM. For this aim, we have determined the malondialdehyde (MDA) and reduced glutathione (GSH) levels in *G. pulex* exposed to the decolorized or undecolorized aqueous solutions. We have determined that the MDA levels was increased in untreated group compared to treated group. The higest MDA level was measured as  $2.49 \pm 0.26$  in untreated group at 96 h exposure time. We have also determined that the GSH levels was high in treated group compared to untreated group. The lowest GSH level was measured as  $0.53 \pm 0.03$  in untreated group at 96 h exposure time. The results of this study were revealed that the treatment with *C. versicolor* was reduced the toxic properties of synthetic malachite green solution. Results also show that *C. versicolor* can be a proper adsorbent for the malachite green removal.



**Keywords:** Antioxidant response, Malachite green, response surface methodology,  
*Coriolus versicolor*



## A CFD INVESTIGATION OF THE FIRE INDUCED SMOKE FLOW BEHAVIOR IN A COMPARTMENT FIRE CASE

**Merve Altay**

Department of Mechanical Engineering, Bursa Technical University, Bursa, 16330, Turkey

**Ali Sürmen**

Department of Automotive Engineering, Uludag University, Bursa, 16059, Turkey

**ABSTRACT:** Fire development in enclosures goes through the following phases; ignition, fire growth and flashover fully developed fire and decay. Prediction of the temperatures and toxic gases distributions, determining of the onset of flash over phenomenon and hazardous condition for human health and equipment safety ...etc. in the all stages of a compartment fire have a vital importance especially for the fire protection professionals. In this study, in order to calculate or predict the temperature distribution in a compartment fire, a furnished room model was identified. Material properties such as specific heat, density, conductivity, heat of combustion of the combustible items in the model were identified one by one in the CFD model. A fire of these combustible materials, ignited at a given position by an identified ignition source, was modelled using FDS as a CFD tool. Simulation results of this case study provide better understanding about the fire development in a compartment in the specified conditions and contribute to the literature with regard to predict behaviors and hazardous effects of the fire induced smoke flow.

**Keywords;** CFD, Compartment Fire, FDS, Smoke Flow, Temperature Distribution.



## NEW SENSE OF EDUCATION IN MECHANICAL ENGINEERING: MOVABLE TEST BENCHES

**Ali Sürmen**

Department of Automotive Engineering, Uludag University, Bursa, 16059, Turkey

**Merve Altay**

Department of Mechanical Engineering, Bursa Technical University, Bursa, 16330, Turkey

**ABSTRACT:** Along with the emerging technology, the importance of the applied engineering education, mostly conducted in the well-equipped high technology laboratories, has been appreciated recently. Therefore, new laboratory concepts in mechanical engineering education, preserving the traditional basics of it, are required to improve the comprehending and learning performance of the students. In this study, some basic design ideas for a new high-tech laboratory concept are revealed and a laboratory model, promising more effective education performance, is proposed. The most distinctive property of the developed laboratory system is a circular or elliptic and movable test bench consisting of successively joined tests or demonstration platforms together. Test bench model is planned to move similar with the baggage conveyors at the airports. Therefore, the students don't need to go to the different labs for each tests or system demonstration. In addition, while the lecturer is conducting experiment or making demo, each student can easily follow it, owing to the graded positioning of the seats. Besides, cameras positioned on the lecturer side project the rear face, with respect to the students, of the test/demo object to the screen. Thus, the students will have the chance of seeing both faces of the object at the same time. The area of the large circle/ellipse outside the classroom can be used for any practical purpose. Anyone can enter into or exit from the closed loop via the specifically designed gates.

**Keywords:** Mechanical Engineering Education, Movable Test Benches, Laboratory design.



## ENERGY HARVESTING APPLICATIONS IN AUTOMOBILE TIRES

**Merve Altay**

Department of Mechanical Engineering, Bursa Technical University, Bursa, 16330, Turkey

**Ali Sürmen**

Department of Automotive Engineering, Uludag University, Bursa, 16059, Turkey

**ABSTRACT:** Different energy harvesting technologies have gained popularity with the understanding of the importance of energy. Using piezoelectric materials, with the promising properties, in energy harvesting has become the prime material of research. In this paper, piezoelectric energy harvesting applications in automobile tires was reviewed. In these applications, vibrations induced roughness of road surfaces are used as a mechanical energy source and this energy is converted to the electrical energy by means of piezoelectric benders attached to the tires. They supply sufficient energy to tire pressure sensors and other low energy consumption gadgets operating at the intermittent times. Inner surface of tire are covered with these piezo benders as much as possible. This process, also called as contact patch, is the most common technique to enhance the energy output from these benders. In addition, more reliable and continuous energy can be provided by this way. In the near future, this new concept and other energy harvesting methods will be the next alternative energy source for wide range of industries providing better system design, efficient storage system and piezoelectric module design.

**Keywords:** Automotive industry, Automobile tires, Energy harvesting, Piezoelectric benders.



## A COMPERATIVE STUDY: MISSING VALUE ESTIMATION METHODS WITH CLASSIFICATION BY k-NN ALGORITHM

Murat KARAKOYUN  
Necmettin Erbakan University  
mkarakoyun@konya.edu.tr

Halil İbrahim AYAZ  
Necmettin Erbakan University  
hiayaz@konya.edu.tr

Vahit TONGUR  
Necmettin Erbakan University  
vtongur@konya.edu.tr

**ABSTRACT:** In recent years, data is one of the most important things for researchers. But by itself data is not enough to make a meaningful sense. Thus the data are combined and transformed into meaningful and useful information. Different machine learning methods can be used on this information to solve problems in different areas. However, while information is being generated or collected, it may be destroyed or lost due to some reasons caused by the machine or human. Occurrence of missing values in data set can be one of these situations. In that case, some/any arrangements should be done on the data set to deal with missing values. In literature, there are some missing value estimation methods for this problem. In this work, we used some estimation methods (replace with mean, replace with mode, replace with median and remove row which has missing value) to solve the missing value issue. To measure the effects of these methods, after each estimation method applied and new data set which has no missing value is generated, k-NN (k-Nearest Neighbor) algorithm is used for classification. K-fold cross validation is used to separate the data set as test and training data. The data set is divided into 5 folds for cross validation. The average accuracy across all trials is calculated as classification performance. According to the experimental results, in case of replacing missing values with mean, k-NN algorithm is performed better than the other estimation methods.

**Key words:** Classification, k-NN, k-Nearest Neighbor, Missing Value, Missing Value Estimation Methods,



## AN EXPERIMENTAL STUDY ON COMPOSITE SLABS WITH PROFILED STEEL SHEETS AND STEEL FIBER REINFORCED CONCRETE

Abubaker TAHER  
Gaziantep University  
abobaker1991@gmail.com

Prof. Dr. Mustafa ÖZAKÇA  
Gaziantep University  
ozakca@gantep.edu.tr

Ahmmad ABBASS  
Gaziantep University  
engaaa78@gmail.com

**ABSTRACT:** Recently, the use of steel fiber reinforced concrete (SFRC) as an alternative to conventional steel reinforcement has proved to be an effective solution in the composite slabs to prevent temperature and shrinkage cracks and increase the ductility of the composite slabs. However, steel fibers SF have a relatively little effect on compressive strength of concrete and high steel fiber volume might lead to a lack of workability. Composite slab systems are commonly used in structures like steel-framed office buildings to take the advantages of the profiled steel sheeting. The profiled steel sheets act as a form for the concrete during casting. Furthermore, they act as a positive reinforcement during serviceability. However, the steel-concrete shear bond is weak; it may cause premature failure of composite slab. Moreover, it is not adequate to ensure a composite acting and ductile conduct during failure. The aim of this study is to investigate the influence of different parameters on shear behavior of composite slabs. Twelve composite slab specimens were constructed, tested to failure and compared with a solid concrete slab. 3 composite slab specimens with plain concrete, 3 specimens with studs, 3 specimens reinforced with SF only without conventional reinforcement, 3 specimens with studs, SF, and conventional reinforcement. The investigated parameters were ultimate load, deflection, end slip and ductility of composite slabs. The test results showed that the use of shear connectors transforms the behavior of specimens from brittle to ductile behavior. Also, the use of SF instead of conventional reinforcement in composite slabs gave better results.

**Key words:** composite slab, steel fiber, profiled steel sheet, shear bond, end slip

### INTRODUCTION

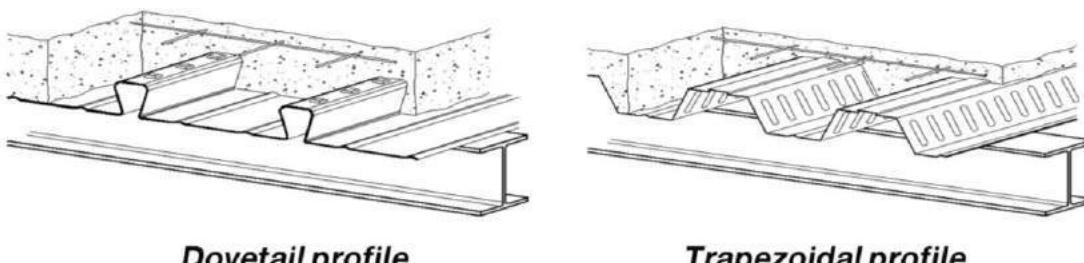
In the recent decades, composite slab systems comprising concrete with profiled steel sheets have been very common due to the benefits of merging the two construction materials. In this system, the profiled steel sheeting remains permanently in the slab and has two roles. First, the profiled steel sheeting acts as a formwork during pouring concrete of slab. Second, it acts as a tensile reinforcement after the hardening of concrete. When the concrete has gained its strength, the two materials (profiled steel sheet and concrete) work together compositely. Composite action is achieved by the bond at concrete profiled steel sheeting interface. This system is an efficient and economical choice of providing flooring in steel framed structures. The other advantages of using the profiled steel sheeting in



addition to the roles above, ease of use, speed in construction, build shallow buildings, easy during handling and construction, it is considered as an economical way of construction, provide a safe platform for the workers during construction, and increase the stability of structures by restraining the beams.

The profile heights are usually in the range of 38-75 mm and the pitch of corrugations is between 150 and 350 mm. Generally, the span of profiled steel sheet is between 2.5 to 3.5 m to span between the beams in the composite structures [1]. The shear bond which is transferred to the profiled steel sheet and the concrete depends on parameters like the existence of embossments, their size, and shape, the shape and thickness of the profiled steel sheet, grade and type of concrete.

Regarding shape, there are two common types of profiled steel sheet stated in Euro code 4 [2], Dovetail profiles (re-entrant) and Trapezoidal profiles (open trough profiles). Figure 1



shows the common types of profiled steel sheets.

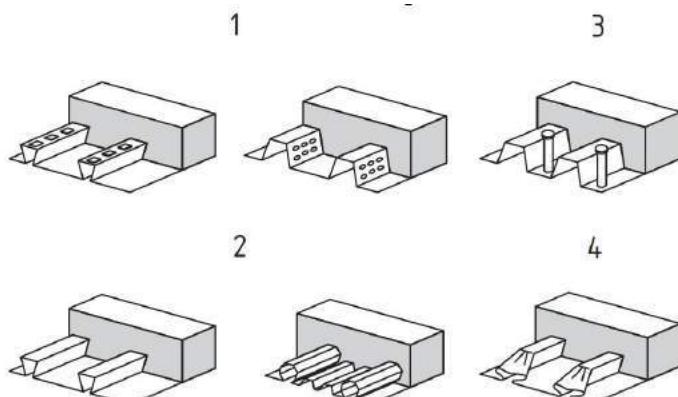
**Figure 1. The Common Types Of Profiled Steel Sheet**

The profiled steel sheet should be qualified for transmitting horizontal shear forces at the interface between the profiled steel sheet and the concrete because the bond between steel sheeting and concrete is not efficient for composite system. In order to ensure the transfer of the longitudinal shear forces by the profiled steel sheet and get an effective composite system, one or more of the following forms of connection should be used as recommended by Euro code 4[2]. Figure 2 shows different forms of connection to improve shear bond in composite slabs.

Mechanical interlock supplied by distortions in the profiled steel sheet (embossments).  
Frictional interlock for profiles shaped in a re-entrant form.

End anchorage provided by welded studs or another type of local connection between the steel sheet and concrete, only in combination with form 1 or 2.

End anchorage by distortion of the ribs at the end of the steel sheet, only in combination with form 2.



**Figure 2. Different Forms Of Connection To Improve Shear Bond In Composite Slabs**

Composite slabs have a lot of applications nowadays because they merge the benefits of using profiled steel sheet with concrete. This kind of slabs has a lot of common applications in a steel-framed office building. Furthermore, they have lot of applications in another type of buildings such as: hospitals, commercial buildings, schools, industrial buildings and depository, cinemas, renovation projects, leisure buildings, individual houses and residential building [1, 3]. Actually, the behavior of composite slab depends basically on the concrete - steel connection. In another word, on the type of shear connection such as shape, embossment, and connectors. Three types of behavior of composite slab can be recognized in the load-deflection curve:

The complete full interaction between concrete and steel: no comprehensive slip occurs at the concrete-steel interface. The composite action is perfect.

The partial interaction between concrete and steel: comprehensive slip at the concrete-steel interface is not zero however it is limited. In this case the transfer of shear force is partial.

No interaction between concrete and steel: comprehensive slip at the concrete-steel interface is not limited. The composite action is almost nonexistent [4].

Crisinel and Marimon [5] found a new design method for studying the behavior of composite slabs instead of the complicated conventional methods like m & k method and partial connection method that need full-scale composite specimens, take a long time and cost a lot of money. It's called 'New Simplified Method'. This new method gathers the results obtained from the standard tests and small scale tests with a new plain calculation model. This method doesn't depend on computer simulations and it was verified by comparing with large-scale tests. In order to perform this method, it requires some information about the properties of materials (the profiled steel and concrete), overall dimensions of the slab specimens and the behavior of the concrete – steel correlation which is determined with tests performed on small-scale specimens.

Abbas, et al [6] carried out an experimental work to develop a new method to increase the shear bond strength of the profiled steel composite slab. Two lines of shear connectors have been welded onto profiled sheet and side beam to decrease the horizontal movement of the profiled steel sheeting. The results have shown that the behavior of the slab specimens was ductile; the end slip was very smaller than that in slab specimens with shear connectors. Before the slippage, the conduct of the load deflection curve was linear then



after the growing of the slippage the conduct changed to nonlinear and the behavior of the composite slab has changed from elastic to plastic behavior.

Rana, et al. [7] studied the influence of end anchorage on the maximum load carrying capacity of composite and solid slab specimens. A total of eight profiled composite slab specimens 4 composite and 4 solid slab specimens, were cast and tested. The test parameters were the thickness of the profiled steel sheeting, test condition restrained and unrestrained end support. Testing results have shown that thickness of the sheeting had a big effect on the load carrying capacity by increasing it significantly. The restrained slab specimens for both solid and composite slabs had greater maximum strength than the unrestrained slabs because of the effect of creep and shrinkage on the restrained slab specimens were insignificant.

Lakshmikandhan, et al [8] conducted experimental investigations on the profiled steel concrete composite slabs to find out a perfect interaction between the profiled steel and the concrete. The testing results have shown that adding shear connectors into composite slabs decreased the end slips, prevented premature failure, and developed the behavior of the composite slab into ductile. The addition of shear connector increased the stiffness, flexural capacity, energy absorption, and ductility of composite slab specimens. The ultimate load carrying capacity in composite deck slabs with shear connectors was increased by about 110% when compared to that of the composite slabs without shear connectors.

Chen, et al [9] conducted experimental tests to investigate the shear-bond failure mechanism of simply supported composite deck slabs. Thirteen full scale slab specimens were tested. In the composite slab specimens without end stud anchorages, the ultimate load approached when the end-slips started. On the other hand, for the end anchorage slabs, additional strength and ductility developed after the onset of the end slips. A new method has been improved and proposed in order to estimate the moment resistance of the composite slab for the both composite slabs with and without end anchorage restraints.

Sarbini, et al [10] have tested 75 composite slab specimens with different SF dosage and different fiber length in the concrete topping in order to study the shear capacity of the composite slab and show the possibility and efficiency of replacing the conventional mesh reinforcement with SF. The results have shown that the conventional steel reinforcement can be replaced with SF efficiently taking into account the dosage of SF and fiber index. The results have shown that the increase in the compressive strength of the specimens for the various SF dosages was little. However, the workability of the concrete was significantly affected by the increasing of the fiber volume. It was observed that the SF increased the tensile strength of the concrete significantly. The capability of SF to restrain crack expansion at post cracking development prevents the composite slab from sudden brittle failure.

Abas, et al [11] performed an empirical study on two-span composite slabs to study the effects of adding various volumes of SF on the behavior of composite slabs. A total 8 composite slab specimens were cast and tested. The results have shown that the specimens reinforced only with SF had a higher slip load and a higher ultimate load in compare with specimen contain only steel reinforcement. The specimen containing both steel reinforcement and fibers had the most effective crack control. The optimum dosage of the



SF that have been added to concrete to get a higher slip load and peak load and effective crack control was 20 kg/m<sup>3</sup>.

Burnet and Oehlers [12] developed new shapes of ribs of the profiled sheeting in order to enhance the shear bond between concrete and the profiled sheets in composite slab system. A total of 33 push tests were performed on two different profiled steel sheet thicknesses (0.6 and 2 mm). It was found that the shape of the ribs of the profiled sheeting controls the shear strength significantly. The presences of embossing on the surface of the steel sheeting have increased the shear bond strength between the concrete and the profiled sheeting significantly; also have changed the shape of the load slip curves. The conduct of the embossed slab specimens was ductile during failure

## EXPERIMENTAL PROGRAM

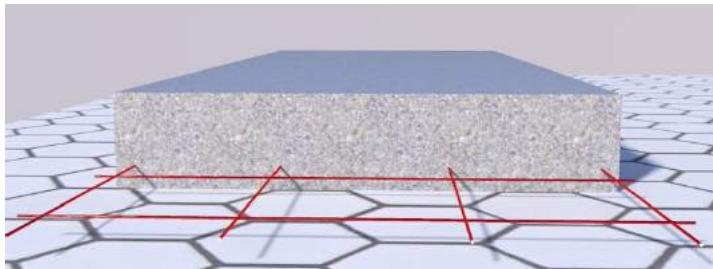
### Test Matrix

A total of 12 one way composite slab specimens and one way solid slab were cast and tested. The test parameters were the thickness of the profile sheet (three different thicknesses), the existence and absence of shear studs, steel fiber and secondary steel reinforcement for shrinkage and temperature. All these parameters are compared with control specimen of solid slab to show the influence of profiled steel sheet on concrete when they working together compositely. The slab was 1200 mm in length 450 mm in width. The overall thickness of slab was 100 mm, in which 38 mm is the depth of the profiled sheet and the remaining 62 mm is the depth of concrete above profiled steel sheet. In this study, test matrix is founded to study the influence of using various parameters on the structural behavior of simply supported composite slabs. The matrix divided the work into 5 different groups depending on the purpose of each group. Table 1 shows the matrix of the test.

Table 1. The Matrix Of The Test

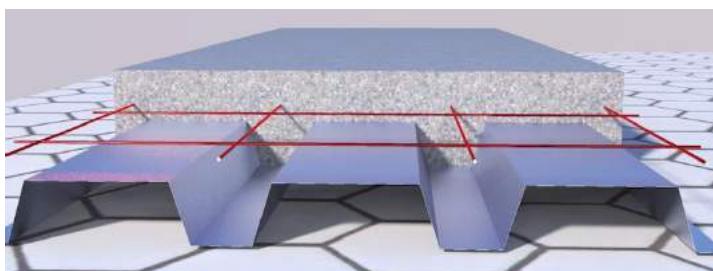
Group	Abbreviation	Profiled steel sheet	Steel fibers	Shear studs	Steel reinforcement
M1	Control	—	—	—	✓
M2	P.SR	✓	—	—	✓
M3	P.St.SR	✓	—	✓	✓
M4	P.SF.St	✓	✓	✓	—
M5	P.SF.St.SR	✓	✓	✓	✓

Group M1: The first group includes casting a solid slab with normal concrete. This specimen acts as a control specimen to compare with the other groups with profiled steel sheets. The specimen was reinforced with 6 mm diameter steel bars spacing at (130 mm c/c) for both directions. Figure 2 shows M1 specimen.



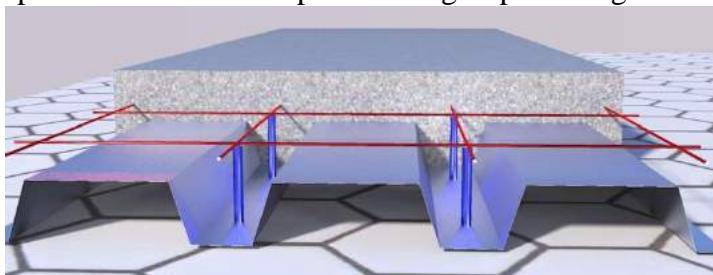
**Figure 2. M1 Specimen**

Group M2: The second group comprises casting the slabs with profiled steel sheets and steel reinforcement. The objective of this group is to find the effect of profiled steel sheets on the structural behavior of concrete slabs. These group specimens will be compared with group M1. Figure 3 shows M2 group specimen.



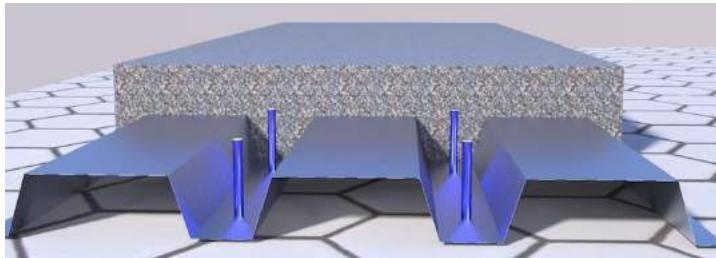
**Figure 3. M2 Specimen**

Group M3: The third group includes casting profiled sheet steel with studs and reinforced with steel reinforcement. The objective of this group is to find the efficiency of welding shear connectors on the structural behavior of the profiled steel sheet, where the shear connectors play a great role in increasing the shear bond of composite slabs. These group specimens will be compared with group M2. Figure 4 shows M3 group specimen.



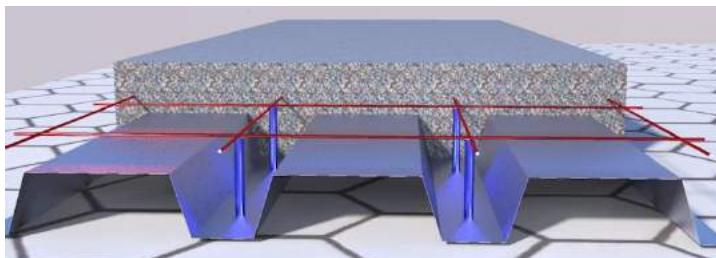
**Figure 4. M3 Specimen**

Group M4: The fourth group was casting the profiled steel sheets with studs and reinforced with 1% steel fiber content, but without conventional steel reinforcement. The objective of this group is to study the effect of using the SF as an alternative to conventional steel reinforcement in composite slabs. These group specimens will be compared with group M3. Figure 5 shows M4 group specimen.



**Figure 5. M4 Specimen**

Group M5: The fifth group contains a profiled steel sheet cast with concrete, studs, reinforced with 1% volume of SF and reinforced with conventional steel reinforcement. The objective of this group is to study the structural behavior of composite slabs after adding SF, conventional steel reinforcement and studs. These group specimens will be compared with M3, M4 groups. Figure 6.shows M5 group specimen.



**Figure 6. M5 Specimen**

### Mix Designs

Two concrete mixtures have been used for the composite slabs. The strength properties of the mixtures determined from trial mixes specimens at age of 28 days for the profiled composite slabs as per BS EN 12390-1 2002 [13] for compression test and ASTM C496 [14] for indirect tensile test.

*Table 2. Mix Designs Used In This Study*

Mix design code	Vf %	Fiber (kg)	Cement (kg)	Fine aggregate (kg)	Coarse aggregate (kg)	Water (kg)	w/c
N.C	—	—	400	610	1130	180	0.48
N.C	+ 1.0%	80	400	600	1110	180	0.48
SF							

### Shear connectors (studs)

The headed studs or welded reinforcing bar anchors shall be provided to transfer the vertical shear force between the reinforced concrete and structural steel members [15]. An 8 mm in diameter 70 mm in length piece of reinforcing bar has been used and welded to profiled steel sheet using Express weld master (mig 500W) gas metal arc welding in the center of each ribs. The ultimate and yield strength of studs were (648 and 579 MPa) respectively. The number of studs at every line was eight. The distance between each was (150 mm c/c) as it should be less than 600 mm according to Euro code 4 [2] and the

distance between the studs in each ribs was also (150 mm c/c). Figure 7 shows the shear connectors used in the present study.



Figure 7. The Shear Connectors Used In The Present Study

#### Profiled Steel Sheet

The profiled steel sheets are of trapezoidal shape having 1200 mm length, 450 mm width and (0.9mm,1.0 mm,1.1mm) thicknesses. Figure 8 shows the dimensions of the profiled steel sheets. Figure 9 shows the profiled steel sheet used in this study. Table 3 shows the properties of profiled steel sheet.

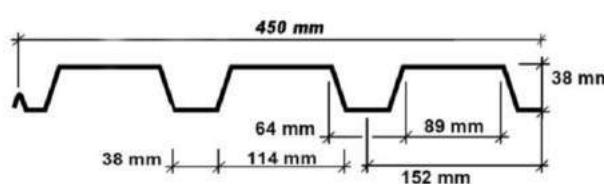


Figure 8. The Dimensions Of The Profiled Steel Sheets

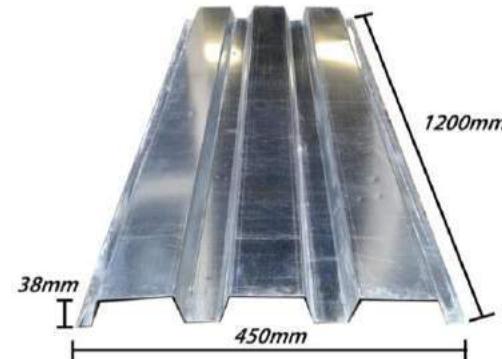


Figure 9. The Profiled Steel Sheet Used In The Present Study

Table 3. The Properties Of Profiled Steel Sheet

Thickness (mm)	Area (mm <sup>2</sup> )	Weight (kg/m <sup>2</sup> )	I <sub>x</sub> mm <sup>4</sup>	Yielding strength f <sub>y</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Ultimate strength f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )
0.9	548.1	4.417	125624	230	310
1.0	609.0	4.879	143686	230	310
1.1	669.9	5.750	161810	230	310

#### Casting and Curing Of Profiled Steel Composite Slabs

The composite slab was cast with the profiled steel sheet as the base. The profiled steel sheets were cleaned completely before concrete casting. The specimens were cast using

120 L capacity concrete mixer in Gaziantep university structures lab. Mixing of SFRC needs special care to prevent any segregation and balling of steel fibers. Because if the aspect ratio, volume percentage and size increase, the balling tendency of steel fibers also increases. The mixing process consisted of firstly mixing coarse aggregate and fine aggregate, next adding the cement, then adding steel fibers and finally adding water to the mixture to initiate the hardening process and the entire batch mixed until the concrete seem to be homogeneous and gets the required consistency. It is important that the fibers are dispersed uniformly throughout the mix; this can be achieved by the addition of the fibers before the water is added to mix. Figure 10 shows casting process of the slab specimens. The 100mm thick concrete toppings were directly cast on top of the profiled steel sheet and compacted by immersing the head of this concrete vibrator into fresh concrete to release any trapped air, prevent any voids and excess water to allow the concrete to settle within the formwork properly and get a fair-faced concrete. Figure 11 shows the composite slab specimen after casting. In Each batch after casting the slabs, the slabs were taken out of the formwork, and then they were covered with jute sheet and cured with water for 28 days until testing. Figure 12 shows curing process of the specimens.



**Figure 10. Casting Process Of The Slab Specimens**



**Figure 11. The Composite Slab Specimen After Casting**

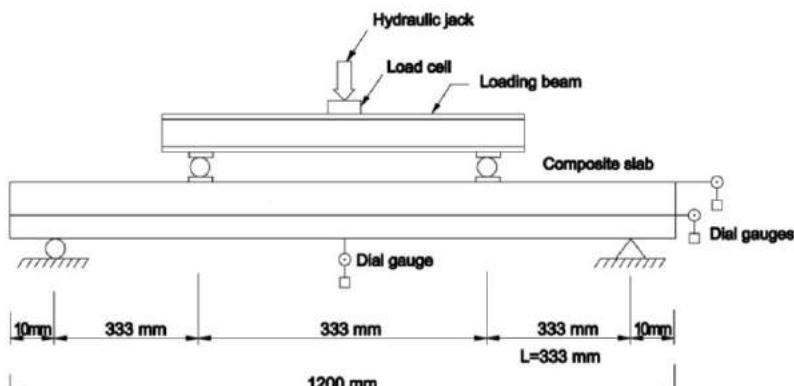


**Figure 12. Curing Process Of The Specimens**

### Testing procedure

The slab specimens were considered as simply supported, where roller and hinge supports at the ends of the specimens. They were tested under four point (two reaction and two load points) flexural test due to the type of the material where the profiled steel sheeting and concrete act as a non homogeneous composite material that need to be tested under four

point loading. One of the characteristics of the four point loading test, the concentration of the stress is larger than that in a single point flexural test to avoid early failure. Figure 13 shows the schematic diagram and figure 14 shows the real set-up of the test.



**Figure 13. Shows The Schematic Diagram Of The Test.**



**Figure 14. Shows The Real Set-Up Of The Test**

The test configuration and loading procedure were according to recommendation of the Euro code 4 [2]. The slab specimens are placed carefully and symmetrically over the span of the testing machine using a suitable crane and belts. A uniformly distributed line loads were applied by a hydraulic jack on the two symmetrically located cylindrical steel bars placed on rectangular steel piece. The rate of loading adopted for the test was 0.03 kN/s. The effective span of composite slab specimens was 1000 mm. For deflection and end slip measurements, 3 dial gauges were used in this experiment. Figure 15 shows the position of dial gauges at the mid of the span and figure 16 shows the dial gauges at the end of composite slab



**Figure 15. The Position Of Dial Gauges At The Mid Of The Span****Figure 16. The Dial Gauges At The End Of Composite Slab**

Two digital dial gauges were attached to the end of the composite slab. One attached to concrete and the other one is attached to profiled steel sheet then the dial gauge readings were recorded in order to measure the relative end slip between the concrete and the steel sheet. Mid-span deflection was measured by another dial gauge placed at the centre of the profiled composite slab. The load was applied and measured through a load cell placed at the centre of the specimen.

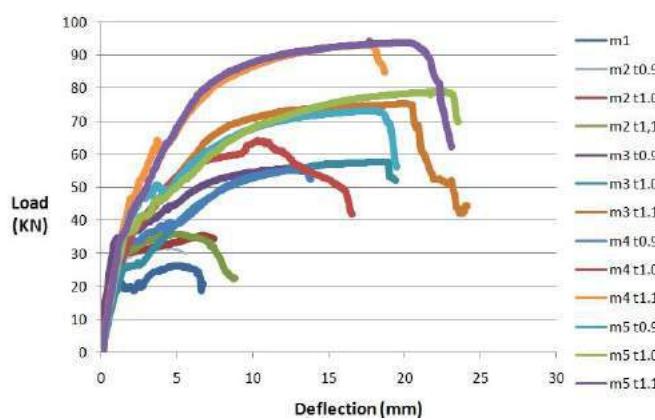
## RESULTS AND FINDINGS

### Load-Deflection Behavior

One of the objectives of the test is to measure the ultimate load that the composite slab specimens will support before failure occurs. Therefore, one dial gauge was placed at the mid span of the slab specimens to measure the deflection. The relations between the load and deflection were drawn for each specimen. The specimens were exposed to pre load before testing. The rate of the load was 0.03 kN/s. During testing, when the load increases, the vertical deflection of the slab specimens increases too. Cracks in concrete began to form from the bottom to upward at the loading point continuously with increasing of the load. The ultimate load and maximum deflection were recorded for each specimen. Generally, any change in the slope of the curve indicates that there is a formation of cracks, separation between the concrete and the profiled steel or slips at the end of specimens. In general the behavior of load deflection curve can be identified in to three phases: pre-cracking, post cracking and post peak. Table 5 shows the values of ultimate load and deflections for all the groups. In pre cracking phase the curve have a linear behavior. Then at the post cracking phase (i.e. after the development of the cracking) a declination in the load deflection curve were noticed. Figure 17 shows the load-deflection curves for all the groups.

**Table 5. The Values Of Ultimate Load And Max. Deflections For All The Groups.**

Specimen		Ultimate load (kN)	Maximum deflection (mm)
M1		26.24	6.7
	t 0.9	31.66	5.6
M2	t 1.0	35.53	7.4
	t 1.1	35.88	8.8
M3	t 0.9	55.80	13.3
	t 1.0	57.65	19.4
M4	t 1.1	75.19	24.1
	t 0.9	55.75	13.8
	t 1.0	64.17	20.2
M5	t 1.1	92.87	18.7
	t 0.9	73.18	19.5
	t 1.0	78.77	23.5
	t 1.1	93.83	23.1



**Figure 17. The Load-Deflection Curves For All The Groups.**

Finally, at post peak phase the behavior of the curve is different and there will be either sudden drop or gradual drop in load depending on the characteristics of the specimen and its contents. In composite slab results analysis, the magnitude of the ultimate load is important because whenever the specimen shows a higher ultimate load carrying capacity, the better shear bond strength we get [16].

#### Load-endslip behavior

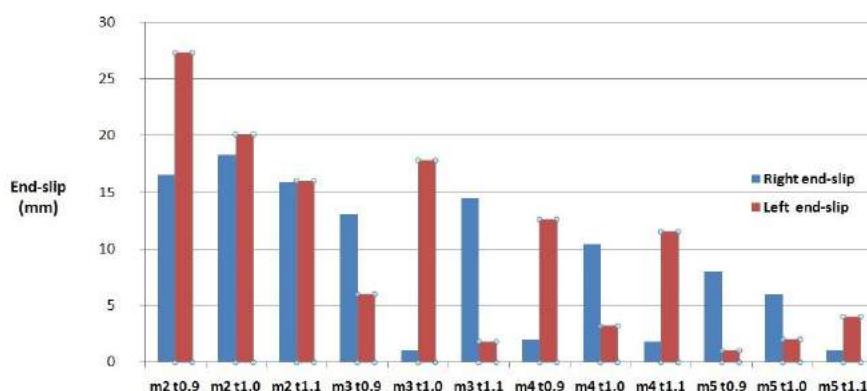
The second objective of the test is to measure the slip at both ends of the composite slab specimens to check the bond at the profiled steel sheet-concrete interface. The bond between the profiled steel sheeting and concrete must be adequate of transferring the longitudinal shear at the interface between steel and concrete. When there is a little or no slip that means the system have a strong correlation, but when there is a big or obvious slip that indicates to the poor bond in the profiled steel composite system. However, the bond can be improved and the slip can be reduced by different ways such as, welding steel studs into profiled steel sheet before casting concrete or adding some embossments to sheets during manufacturing of the profiled steel sheets. In general, any change in the slope of load deflection curve is an indication of slip development, crack formation and interface impairment. The development of the slip starts at the beginning of the shear bond interface impairment, where the slip increases at the ultimate load. During the time of test, it was observed that there was a variance in slippage between the right and left end of the specimens, where there was a significant slippage in one end while there was a little slippage in the other end, due to the onset of shear bond failure at that specific end of the specimen. Furthermore, each group (M1, M2, M3, M4 and M5) presents a different slippage rates. Figure 18 shows a slip at the left end of M2 t 1.0 specimen between the profiled steel sheet and concrete. Figure 19 shows a typical slip at the left end of M5 t 1.0 specimen. Figure 20 shows a comparison of end-slippages.



**Figure 18. Slip At The Left End Of M2 t1.0 Specimen**



**Figure 19. Slip At The Right End Of M5 t1.0 Specimen.**



**A**  
**Comparison Of End-Slippages.**

### Behavior of composite slab specimens

According to Euro code 4 [2], the structural behavior of composite slab specimens can be considered as a ductile behavior if the ultimate load of the specimen exceeds the load that causes 0.1 mm end-slip by 10%. The relation between the ultimate load and load causes 0.1 mm the slip is called ductility index. When the value of ductility index is 1.1 and more it means that the behavior of composite slab is ductile. Table 6 shows the behavior of composite slab specimens

From table 6, we can see that all the groups (M3, M4 and M5) revealed a ductile behavior except M2. As expected, the specimens groups which have shear studs revealed a ductile behavior and afforded higher shear bond strength compared with group M2 without shear connectors. Because the ability of shear studs to increase the shear bond capacity and stiffness of composite slab specimens in order to convert the behavior of the specimens from ductile to brittle behavior significantly. In M3 (t0.9, t1.0 and t1.1) the slip based ductility index increased by (54.7%, 100% and 100%) respectively in compare with M2 (t0.9, t1.0 and t1.1)

**Table 6. The Behavior Of Composite Slab Specimens.**

Specimen	Ultimate load (kN)	Load caused 0.1 mm slip (mm)	Slip based ductility index	Behavior
M2 t0.9	~100	~16	~54.7	Ductile
M2 t1.0	~100	~18	~100	Ductile
M2 t1.1	~100	~16	~100	Ductile
M3 t0.9	~100	~13	~100	Ductile
M3 t1.0	~100	~18	~100	Ductile
M3 t1.1	~100	~14	~100	Ductile
M4 t0.9	~100	~2	~50	Brittle
M4 t1.0	~100	~3	~33	Brittle
M4 t1.1	~100	~2	~50	Brittle
M5 t0.9	~100	~8	~12.5	Brittle
M5 t1.0	~100	~6	~16.7	Brittle
M5 t1.1	~100	~2	~50	Brittle

	t 0.9	31.66	29.80	1.06	Brittle
M2	t 1.0	35.53	32.56	1.09	Brittle
	t 1.1	35.88	33.24	1.08	Brittle
	t 0.9	55.80	34.05	1.64	Ductile
M3	t 1.0	57.65	26.30	2.19	Ductile
	t 1.1	75.19	33.90	2.21	Ductile
	t 0.9	55.75	30.46	1.83	Ductile
M4	t 1.0	64.17	27.14	2.14	Ductile
	t 1.1	92.87	40.37	2.30	Ductile
	t 0.9	73.18	36.15	2.02	Ductile
M5	t 1.0	78.77	35.84	2.20	Ductile
	t 1.1	93.83	34.16	2.74	Ductile

### Influence of profiled steel sheets

One of the purposes of using the profiled steel sheeting in structures is to decrease the self weight of the slabs. The weight of M1 specimen was 147.5 kg while the average weight of M2 slabs was 125.8 kg. Subsequently, there was about 17.3% saving in concrete which means an economic solution for various structures. Another purpose of using these sheets is to improve the ultimate load capacity. M2 group exhibit a great ultimate load capacity in compare with M1. The average increase of the ultimate load capacity was 35.4%. Figure 21 shows the load-deflection curves for M2 group in compare with M1

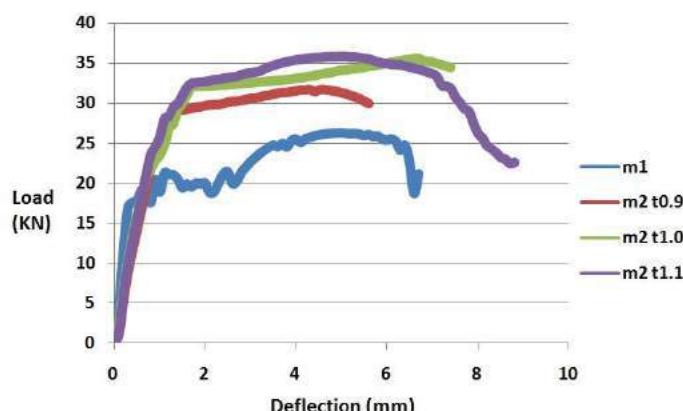
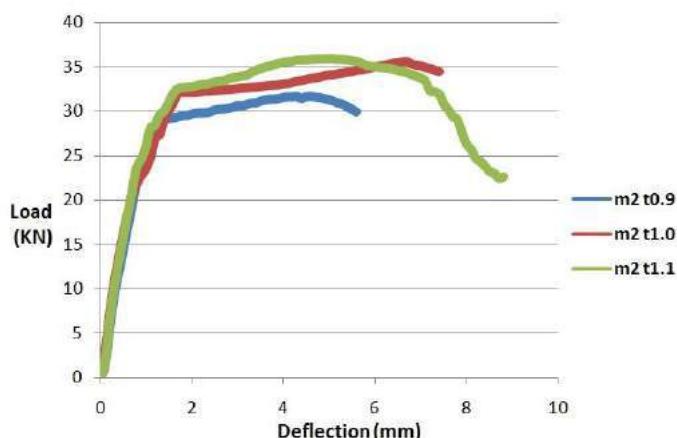


Figure 21. The Load-Deflection Curves For M2 Group In Compare With M1

### Influence of profiled steel sheeting thickness

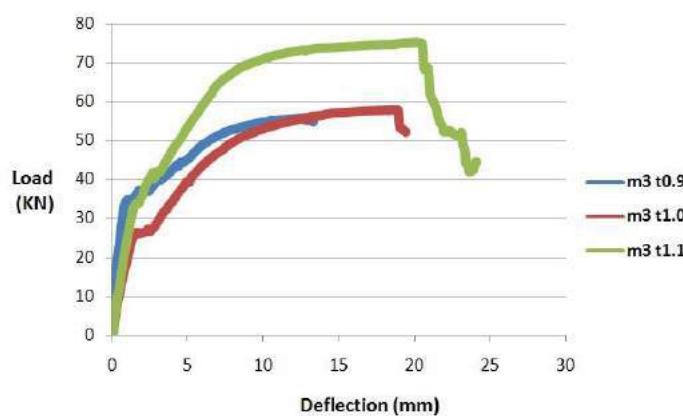
The thickness of the profiled steel sheet is generally between 0.7 to 1.5mm. Choosing the suitable thickness for the structure depends on several factors such as, type of the structure, overall thickness of the slab, allowable dead load and the required strength. The thin steel sheet has a light weight and fold easily while the thick steel sheet is heavier and hard to fold in compare with the thin steel sheet. According to the experimental work the results have shown that the thickness has a significant effect on the behavior of the composite shear stud specimens. Hence the thicker steel sheets, the higher load carry capacity of the specimens. The thickness of the profiled sheeting increases significantly the ultimate load capacity of profiled composite slabs because the stiffness of composite slab increases with the increasing of profiled steel sheet thickness [7].

The performance of the 1.1 thickness was better than that for t1.0 and t0.9 in all the groups. Furthermore, the performance of t1.0 was better than t0.9. The reason behind that the welding of shear studs onto the thick steel sheet is stronger than that for the thin steel sheet. In order to study the effect of steel sheet thickness, a comparison has been made in each group (M2, M3, M4 and M5) for the three thicknesses (t0.9, t1.0 and t1.1). In M2 group, there was no effect of thickness on the ultimate load capacity and the end-slip rate due to absence of the shear studs. So that, all M2 group specimens have shown almost similar performance with regard to strength, stiffness, and ductility. Figure 22 shows the load deflection curves for M2 group.



**Figure 22. Shows The Load Deflection Curves For M2 Group**

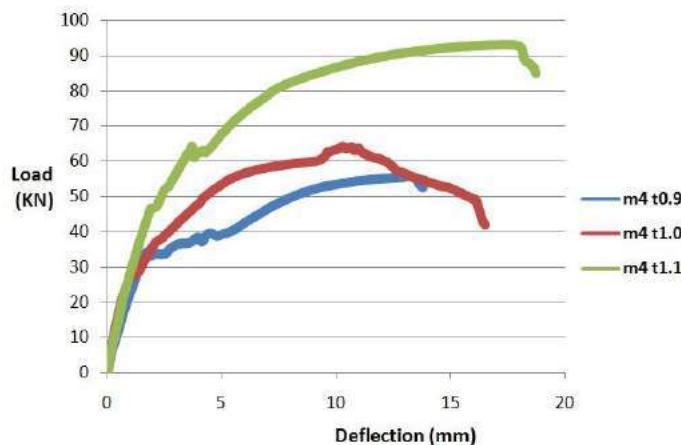
In M3 group, the effect of the thickness on the ultimate load capacity was obvious. The t1.0 specimen exhibited strong shear bond in compare with t0.9 specimen by an increase about 3% in the ultimate load capacity. While t1.1 specimen had an increase about 30.4% in compare with t1.0 specimen and 36% in compare with t0.9 specimen. Regarding to slippage, the average rate of end-slip in t1.0 specimen was decreased about 1% in compare with t0.9. While t1.1 specimen had a decrease about 12.97% in compare with t1.0 specimen and 13.89% in compare with t0.9 specimen. Figure 23 shows the load deflection curves for M3 group.



**Figure 23. The Load Deflection Curves For M3 Group.**

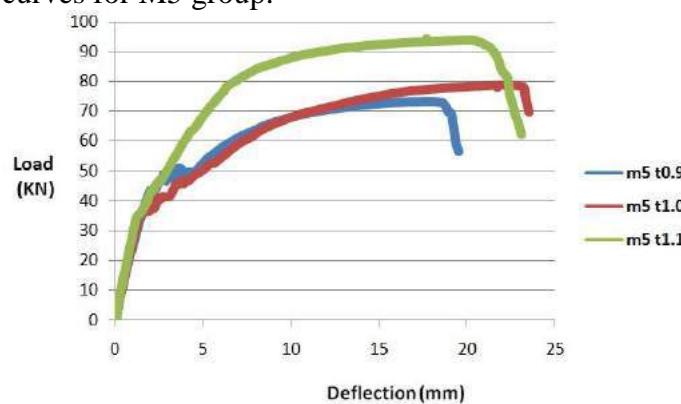
In M4 group, the t1.0 specimen exhibited an increase about 15.1% in the ultimate load capacity in compare with t0.9 specimen. While t1.1 specimen had an increase about 44.7% in compare with t1.0 specimen and 66.6% in compare with t0.9specimen. Regarding to

slippage, the average rate of end-slip in t1.0 specimen was decreased about 6.85% in compare with t0.9. While t1.1 specimen had a decrease about 2.3% in compare with t1.0 specimen and 8.9% in compare with t0.9specimen. Figure 24 shows the load deflection curves for M4 group.



**Figure 24. The Load Deflection Curves For M4 Group.**

In M5 group, the t1.0 specimen exhibited an increase about 7.6% in the ultimate load capacity in compare with t0.9 specimen. While t1.1 specimen had an increase about 19.1% in compare with t1.0 specimen and 28.2% in compare with t0.9specimen. Regarding to slippage, the average rate of end-slip in t1.0 specimen was decreased about 11.1% in compare with t0.9. While t1.1 specimen had a decrease about 37.5% in compare with t1.0 specimen and 44.4% in compare with t0.9 specimen. Figure 25 shows the load deflection curves for M5 group.

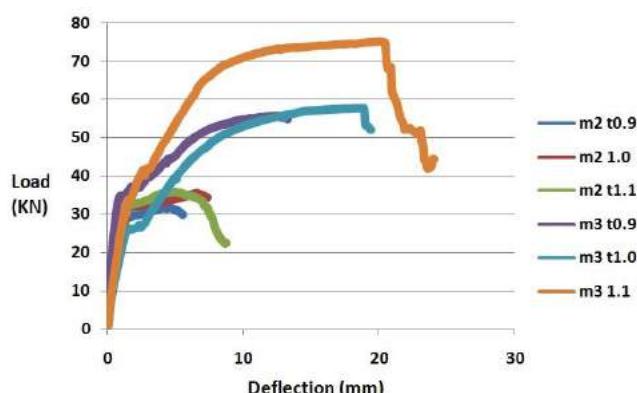


**Figure 25. The Load Deflection Curves For M5 Group**

### Influence of shear studs

The purpose of welding shear studs onto the steel sheet is to increase the shear bond capacity of the composite slabs by increasing the ultimate load capacity, stiffness and the ductility of composite slab specimens. In composite slabs without shear studs, the ultimate load would be reached when the end slips commence. While the composite slabs with shear studs, additional strength and ductility would arise after the initiation of the end slips [9]. To study the effect of shear studs on the shear bond of the composite slab a comparison has been made between group M2 and group M3. From the results, it can be seen that the shear studs affected the shear bond capacity of the composite slabs by increasing the ultimate loading capacity and reducing the slippage at the end of the

composite slab specimens. In M3 the shear studs converted the behavior of composite slabs to ductile behavior. Thus, the influence of shear studs in composite slab is significant in this case. In M3 (t0.9, t1.0 and t1.1) the loading ultimate loading capacity increased by (76.3%, 62.3% and 100%) respectively in compare with M2 (t0.9, t1.0 and t1.1) specimens. On the other hand, the slippage in M3 (t0.9, t1.0 and t1.1) reduced by (56.6%, 51% and 48.74%) in compare with M2 (t0.9, t1.0 and t1.1) specimens. Figure 26 shows the load-deflection curves for M2 group vs. M3 group.



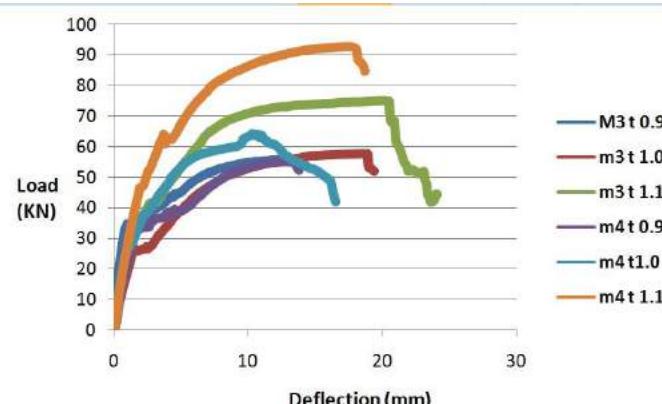
**Figure 26. Shows The Load-Deflection Curves For M2 Group Vs. M3 Group.**

### Influence of steel fibers

The objective of adding SF in concrete is to replace the conventional steel reinforcement with SF. As mentioned before the purpose of adding steel reinforcement in composite slabs is to control the shrinkage, creep and temperature cracks. The results have shown that adding SF increased the ultimate loading capacity and in the same time reduced the slippage at the ends of the composite slabs efficiently. Furthermore the addition of SF in M4 group specimens decreased the width of longitudinal cracks in compare with M3 group specimens. Since SF have bridging action to transfer and restrain cracks beneath the applied load and also SF inhibited the transverse deformations created by the tension stress. First crack occurred late in M4 and M5 group slabs as compared to the M2 and M3 Group slabs since SF retard the appearance of the first crack in M4 and M5 group specimens.

Thus, the objective of replacing the conventional steel reinforcement with SF gained the aim, and one can recommend the use of 1% SF volume in concrete to prevent the shrinkage and temperature cracks strongly and also it is considered as an economical solution at the same time by reducing the time, the cost of materials and labors' wages and lead to better structural behavior of composite slabs.

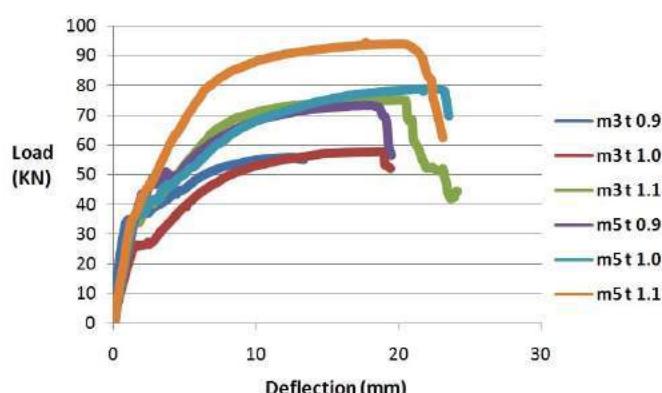
In M2, the plain concrete failed suddenly without any warnings the moment that deflection of the maximum flexural strength was exceeded, but in M5, SFRC continued to bear loads even though the deflection exceed the deflection of plain concrete that due to the addition of SF into concrete which enhance the ductility behavior of concrete and its post-cracking of ultimate load-carrying capacity [17]. In M4 (t0.9, t1.0 and t1.1) the loading ultimate loading capacity increased by (0.1%, 11.3% and 23.5%) respectively in compare with M3 (t0.9, t1.0 and t1.1) specimens. On the other hand, the slippage in M4 (t0.9, t1.0 and t1.1) reduced by (23.2%, 27.7 % and 18.4%) respectively in compare with M3 (t0.9, t1.0 and t1.1) specimens. Figure 27 shows the load-deflection curves for M3 group vs. M4 group.



**Figure 27. The Load-Deflection Curves For M3 Group Vs. M4 Group**

#### Influence of studs, steel fiber and steel reinforcement all together

The ultimate load capacity was significantly increased by the inclusion of both SF and conventional reinforcement. In M5 (t0.9, t1.0 and t1.1) the loading ultimate loading capacity increased by (31.1%, 36.6% and 24.8%) respectively in compare with M3 (t0.9, t1.0 and t1.1) specimens. On the other hand, the slippage in M5 (t0.9, t1.0 and t1.1) reduced by (52.63%, 57.4 % and 69.33%) respectively in compare with M3 (t0.9, t1.0 and t1.1) specimens. Figure 28 shows the load-deflection curves for M3 group vs. M5 group.



**Figure 28. The Load-Deflection Curves For M3 Group Vs. M5 Group.**

#### Failure modes

The mechanism of failure in composite slabs can be summarized as follow. Firstly, when the applied load increase, the deflection of the mid slab increase too. The behavior of the curve is linear since the two materials are held together by friction and chemical bond. Then the cracks start to appear at the bottom of the concrete slab (in tension zone) in the confined area between the loading points and the rigidity decreases. It should be noted that the shear forces in M2 group were transferred by chemical bond and friction only, in contrast with M3, M4 and M5 group's specimens which had a mechanical bond provided by shear connectors. With time the cracks extend upward continuously. At the first stage of the test, the profiled steel sheets undergo the tensile stresses and act with concrete compositely. With the continued increase in load, A sound indicates obviously the delaminating of concrete and profiled sheeting along the length of the slab as shown in figure 29. At a certain point the load decreases suddenly due to the breaking of chemical

bond between concrete and profiled steel. Then, the load increases again up to higher level and the shear forces are taken up by shear studs (mechanical bond). Then the shear bond slip and separation between the profiled steel sheet and concrete occur due to the insufficient shear bond. Also the width of flexural cracks increases with the increasing in load. Figure 30 shows the cracks under loading points in M2 t1.1 specimen



**Figure 29. De-lamination Of Concrete And Profiled Steel Sheeting Along The Length Of The Slab**

**Figure 30. The Cracks Under Loading Points In M2 T1.1 Specimen**

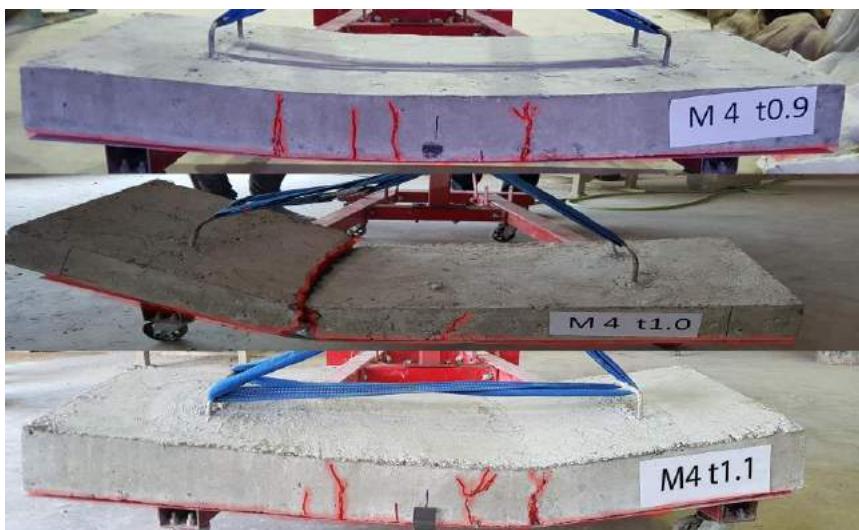
At this time, load deflection curves are nearly linear before the commencement of end slips at the end of slabs. The end slips develop with increasing load, leading to nonlinear behavior of load-deflection curves and the stiffness of the composite slab decreases. Finally, the slabs lose all the shear bond strength and fails due to the extreme load and deflection. This process is accompanied with cracking in concrete and horizontal movement between steel sheet and concrete. The developed cracks in concrete are flexural cracks start from the bottom accompanied with vertical shear cracks under the loading points. The failures of specimens are shown in figure 31, 32, 33, and 34.



**Figure 31. Cracks Pattern Of M1 And M2 Groups**



**Figure 32. Cracks Pattern Of M3 Groups**



**Figure 33. Cracks Pattern Of M4 Groups**



**Figure 34. Cracks Pattern Of M5 Groups**



## CONCLUSION

No significant difference was observed in the compressive strength after the addition of hooked ended SF to concrete. On the other hand, SF improved the tensile strength of concrete with 50% due to the bridging characteristic through cracks.

The use of shear studs in composite slab increases the resistance to longitudinal shear at the concrete profiled steel interface and provides good mechanical interlocking. The shear studs improve the ultimate load capacity, decrease the end slip between profiled steel sheet and concrete and increase the stiffness of the composite slabs. Whenever the specimens show a higher ultimate load carrying capacity, the better shear bond strength we get. According to Euro code 4 based on ductility index, M3, M4, M5 group specimen's revealed ductile behavior and the structural elements (concrete and profiled steel sheeting) tend to behave compositely. However, M2 group specimens revealed brittle behavior due to the absence of shear connectors.

The thickness of the profiled steel sheets has a significant effect on shear bond strength. Because the stiffness of the slab increases with the increase of the thickness of profiled steel sheet. In M2 group specimens; there were no significant differences between the thin sheet t0.9 and the thick sheet t1.1 due to the absence of shear studs. While after using studs in composite slabs for M3, M4, and M5 group specimens, there were a significant difference in shear bond by increasing the load capacity and decreasing the slippage. This underlines just how important the shear studs are in composite slabs.

Using SF instead of conventional steel reinforcement in composite slabs proposed an efficient and economical approach in the composite slab system. SF can carry the role of the conventional steel reinforcement with an optimum SF volume of 1%. The inclusion of steel fiber in M4 increased the ultimate load and decreased the slippage between the profiled steel sheet and concrete effectively in compare with M3 group specimens that contained conventional reinforcement and no SF. Moreover, it was observed that the width of the cracks was also affected by the addition of SF. The width of the cracks was decreased and there were no diagonal shear cracks around the shear studs at the ends of M5 group specimens in compare with M3 group specimens. Since SF have bridging action to transfer and restrain cracks beneath the applied load [18]. In M2, the plain concrete failed suddenly without any warnings the moment that deflection of the maximum flexural strength was exceeded , but in M5, SFRC continued to bear loads even though the deflection exceed the deflection of plain concrete that due to to the addition of SF into concrete which enhance the ductility behavior of concrete and its post-cracking of ultimate load-carrying capacity

All the slab specimens showed end slips which increased with the loading. The Maximum recorded slip was in M2 t0.9 and the minimum recorded end slip was in M5 t1.1.

Comparing the Maximum load capacity, slippages and ductility of slabs, the inclusion of both SF and conventional reinforcement in M5 group showed the best results. So that the performance of M5 group was better than the other groups.



## RECOMMENDATIONS

Study the load strain behavior of composite slabs by putting strain gauge on the surface of concrete and another one on the surface of the profiled steel sheet.

Design a FEM model based on this study data and parameters. Analyze and compare the obtained results with the present study.

Perform an experimental research of SFRC and conventional concrete composite slabs with embossments in combination with shear studs

Further work needs to be done in order to investigate the effects of using different steel fibers length and fiber types on the structural behavior of composite slabs.

Study the fire resistance of profiled steel composite slab with SF compared with conventional concrete.

Investigate the effects of different shear spans on shear bond capacity, strain and stress of composite slabs.

## REFERENCES

- [1] Rackham, J. W., Couchman,G.H., Hicks, S. J., (2009). Composite slabs and Beams using Steel Decking: Best Practice for Design and Construction. Cheshire,Chester. The Steel Construction Institute and The Metal Cladding & Roofing Manufacturers Association.
- [2] Euro code 4. European Committee for Standardization. EN1994-1-1(2004). Design of Composite Steel and Concrete Structures, Part 1.1: General Rules and Rules for Buildings. European Committee for Standardization, Brussels.
- [3] Penza, A. (2010). Composite Slabs with Lightweight Concrete: experimental evaluation of steel decking and lightweight concrete, Ph.D. thesis, Politecico Di Milano.
- [4] Mohammed, B. S., Al-Ganad, A. M., Abdullahi, M. (2011). Analytical and experimental studies on composite slabs utilizing palm oil clinker concrete, Construction and Building Materials, 25, 3550-3560.
- [5] Crisinel, M., Marimon, F. (2004). A new simplified method for the design of composite slabs, Journal of Constructional Steel Research, 60, 481-491.
- [6] Abbas, H. S., Abu Bakar, S., Ahmadi, M., Haron, Z. (2015). Experimental studies on corrugated steel-concrete composite slab, GRAĐEVINAR journal, 67, 225-233.
- [7] Rana, M. M., Uy, B., Mirza, O. (2015). Experimental and numerical study of end anchorage in composite slabs, Journal of Constructional Steel Research, 115, 372-386.
- [8] Lakshmkandhan, K. N., Sivakumar, P., Ravichandran, R., Arul Jayachandran, S. (2013) Investigations on Efficiently Interfaced Steel Concrete Composite Deck Slabs, Journal of Structure, 2013, 1-10.
- [9] Chen, S., Shi, X., Qiu, Z. (2011). Shear bond failure in composite slabs– a detailed experimental study, Steel and Composite Structures, 11, 233-250.
- [10] Sarbini, N. N., Ibrahim, I. S., Saim, A. A., Abdul Rahman, A. B., Harun, N. F. (2014). Shear capacity of composite slab reinforced with steel fibre to that of fabric reinforcement in concrete topping, Materials Research Innovations, 18, 236-240.
- [11] Abas, F. M., Gilbert, R. I., Foster, S. J., Bradford, M. A. (2013). Strength and serviceability of continuous composite slabs with deep trapezoidal steel decking and steel fiber reinforced concrete, Engineering Structures, 49, 866-875.
- [12] Burnet, M. J., Oehlers, D. J. (2001). Rib shear connectors in composite profiled slabs, Journal of Constructional Steel Research, 57, 1267-1287.



- [13] BS. British standard. (2002). Testing concrete: Method for determination of compressive strength of concrete cubes, BS EN 12390-3.
- [14] ASTM. American Society for Testing and Materials. C496 / C496M-11 (2004). Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- [15] ASCE. American society of civil engineers. ANSI/ASCE 2-84. (1985). Specification for the design and construction of composite slabs and commentary on specifications for design and construction of composite slabs. New York.
- [16] ACI. American Concrete Institute. Committee 544 (2009). Report on Fiber Reinforced Concrete, ACI 544.1R-96, American Concrete Institute, farmington hills.
- [17] Duggal, S. K. (2008). Building Materials: 3rd edition. Daryaganj, New Delhi: New Age International (P) Limited.
- [18] Sarbini, N. N., Ibrahim, I. S., Saim, A. A., Abdul Rahman, A. B., Harun, N. F. (2014). Shear capacity of composite slab reinforced with steel fiber to that of fabric reinforcement in concrete topping, Materials Research Innovations, 18, 236-240.



## THREE-DIMENSIONAL NUMERICAL INVESTIGATION OF COMBUSTION IN PELLET FUELLED BOILERS AT VARIOUS LOADING CONDITIONS

Bilal SUNGUR

Ondokuz Mayıs University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering  
bilal.sungur@omu.edu.tr

Bahattin TOPALOĞLU

Ondokuz Mayıs University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering  
btopal@omu.edu.tr

**ABSTRACT:** The increase in energy consumption, together with the developing technology and the growing population, causes energy as an important problem in our country as well as in the whole world. There is a sustainable future concern at the heart of the energy problem. Because of the reduction of fossil energy resources researchers have tended to design more efficiently systems, increase the efficiency of existing systems, and forced to use particularly the alternative energy sources. One of the alternative energy sources is pellet fuel. In this study, combustion in model pellet fuelled boiler at different loading conditions were investigated numerically at three-dimensional conditions. According to various loading conditions, temperature contours, velocity vectors, exhaust gas temperatures and efficiencies were investigated and results were evaluated. FLUENT package program was used as a Computational Fluid Dynamic (CFD) program.

**Key words:** Biofuels; Pellet; Pellet boilers; Numerical modelling

## PELET YAKITLI KAZANLarda FARKLI YÜKLEME KOŞULLARINDA YANMANIN ÜÇ BOYUTLU NÜMERİK İNCELENMESİ

**ÖZET:** Gelişen teknoloji ve büyüyen nüfusla birlikte enerji tüketimindeki artış enerjiyi tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de önemli bir problem olarak karşımıza çıkarmaktadır. Enerji probleminin odağındı sürdürülebilir bir gelecek endişesi yer almaktadır. Fosil enerji kaynaklarının gün geçikçe azalması nedeniyle araştırmacılar daha verimli sistemler tasarlamak, mevcut sistemlerin verimlerini artırmak ve yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmak gibi yöntemlere yönelmiştir. Pelet yakıtı da yenilenebilir enerji kaynaklarından olan biyokütle yakıtlardan birisidir. Bu çalışmada, örnek bir pelet kazanında farklı yükleme koşullarına göre oluşan yanma üç boyutlu olarak nümerik incelenmiştir. Farklı yükleme durumlarına göre oluşan sıcaklık konturları, hız vektörleri, baca gazı sıcaklıklarını ve verimler incelenerek sonuçlar değerlendirilmiştir. Hesaplama Akışkanlar Dinamiği (HAD) programı olarak FLUENT paket programı kullanılmıştır.

**Anahtar sözcükler:** Biyoyakıtlar; Pelet; Pelet kazanları; Nümerik modelleme

## GİRİŞ

Enerji tüketiminin 2011-2015 yıllarının ortalaması alınarak yapılan hesaplamada, tüketimin %87'lik kısmına yakınına fosil bazlı kaynakların oluşturduğu belirtilmiştir



(Sungur vd., 2017). Enerjinin tasarrufu ve yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi fosil bazlı kaynaklar karşısında gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biyokütle ile ilgili çalışmalar gün geçtikçe artmaktadır. Biyokütlenin ekonomik ve çevresel açıdan olumlu özellikleri de bu yakıtın tercih edilme sebepleri arasındadır. Biyokütle, dünyada dördüncü en büyük enerji kaynağını oluşturmaya yönyle önemli bir enerji kaynağı konumundadır. Özellikle kuzey avrupa ülkeleri biyoenerjiyi geleceğin temel enerji kaynağı olarak görmekte ve bu enerji kaynağının önemini miktarda faydalananmaktadırlar. Kazanlar ve sobalar, içerisinde yanmanın gerçekleştiği, yakıtın yanması sonucu oluşan ısının aracı bir ağaçkana veya bulunduğu ortama transfer edildiği kaplar olarak tanımlanabilir. Genel olarak kazanlar konutlarda ısınma amaçlı kullanıldığı gibi enerji gereksinimi olan birçok sanayi dalında da yaygın olarak kullanılmaktadır. Kazanlarda enerji verimliliği, yanmanın mükemmelliği ve yanma sonucu açığa çıkan enerjinin aracı ağaçkana transfer miktarı ile doğru orantılıdır. Bununla birlikte baca gazı emisyonları ise yine yanmanın kalitesine, ızgara tipine, ikincil hava miktarına, yakıt içerisindeki kirleticilerin miktarına ve yakma sisteminin işletme şartlarına bağlıdır.

Talaş, odun yongaları, ağaç kabuğu, atık, zirai ürünler, ekinlerin sapları, findik, badem, ceviz kabukları, hatta atık kağıt gibi maddelerin öğütüldükten sonra yüksek basınç altında sıkıştırılması sonucu elde edilen, genellikle 6-8 mm çapında, 10-11 mm arasında uzunluğunda, silindirik yapıya sahip biyokütle yakıtına pelet adı verilir. Pelet yakıtının sürdürülebilir bir kaynak olması, fosil kaynaklı yakıt ithalatının azaltılması ve ülke ekonomisine katkı sağlama, kullanımı sonrası atık miktarının az olması, zararlı egzoz emisyonlarının kabul edilebilir sınırlarda olması, nakliyesinin çok kolay olması, ferdi sistemler için paket halinde satın alınabilir veya merkezi ısıtma sistemleri için tipki mazot tankerleri ile kalorifer yakıtlarının binanın deposuna bir hortum ve pompa sistemi ile nakledilerek depolanabilmesi gibi birçok avantajı vardır.

Çalışmanın kapsamı dikkate alınarak yapılan literatür taraması, katı yakıtlı kazanlarda yanmanın nümerik modellenmesi konusunda gerçekleştirılmıştır. Porteiro ve ark. (2009) 24 kW'lık pelet kazanında nümerik analizler yapmışlardır. Hesaplama Akışkanlar Dinamiği (HAD) programı olarak FLUENT 6.3 programını kullanmışlardır ve kullanıcı tanımlı alt modeli C++ programında oluşturarak FLUENT programına aktarmışlardır. Gaz fazı ile yatak modeli arasındaki etkileşimin çözümlenmesinde iteratif prosesi kullanmışlardır ve yatak modelindeki çözümün HAD programındaki sınır şartlarını belirlediğini ifade etmişlerdir. Kullandıkları ağ 1600000 hücreye sahip olup, daimi korunum denklemlerinin çözümünde SIMPLE algoritması, türbülansın modellenmesinde k-epsilon model ve radyasyonun modellenmesinde Discrete Ordinate (DO) model kullanmışlardır. Gaz fazının modellenmesinde Arrhenius Finite rate/Eddy dissipation modelini kullanmışlardır. Sonuç olarak model sonuçlarıyla deneysel gaz sıcaklıklarını ve konsantrasyonlarını karşılaştırmışlardır ve iyi uyum sağladığını belirtmişlerdir. Chaney ve ark. (2012) çalışmalarında 50 kW'lık pelet kazanının yanma performansını ve NOx emisyonlarının optimizasyonunu araştırmışlardır. Birincil ve ikincil hava ayarı, ikincil hava giriş sayısı gibi birçok ayarlanabilir parametrenin yanma performansını ve NOx emisyonlarını iyileştirmede kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Simülasyonlarda FLUENT paket programından yararlanılmışlardır. Pelet yakıtının termal dekompozisyonunu ve gaz fazıyla etkileşimi C programıyla yazmışlar ve HAD ile bağlantılı hale getirmiştir. Gaz fazının modellenmesinde Eddy Dissipation modeli kullanılmışlardır. Collazo ve ark. (2012) çalışmalarında evsel pelet kazanının (HAD) ile simülasyonunu yapmışlardır. Gaz fazının modellenmesinde Finite rate/Eddy dissipation modelini kullanmışlardır. Sonuç olarak



model sonuçlarıyla deneysel sonuçların iyi uyum sağladığını belirtmişlerdir. Kazan analizlerinin sonucu olarak; kazan içerisinde bulunan su borularının pozisyonunun, yanma havası girişlerinin dağılımının bu tarz sistemlerde yüksek emisyonlara neden olan önemli faktörler olduğunu belirtmişlerdir. Sui ve ark. (2013) iki çeşit biyokütle yakıtı (briket) ile kömürün yanmasını ayrı ayrı nümerik olarak araştırmışlardır. Yakıtların karekteristiklerini ve içeriklerini deneysel olarak test etmişlerdir. Biyokütle yakıtının kömür yakıtına göre: daha yüksek uçucu içeriği, düşük sabit karbon içeriği ve ısıl değer; düşük karbon içeriği, yüksek oksijen içeriği; düşük ateşlenme sıcaklığı, yüksek yanma hızına sahip olduğunu belirtmişlerdir. Nümerik sonuçlar olarak sıcaklık oksijen ve karbondioksit dağılımını sunmuşlar ve bu sonuçları yorumlamışlardır. Dong ve Blasiak (2001) çalışmalarında ikincil havayı kazan içerisine daha verimli dağıtarak daha verimli yanmayı ve emisyonları azaltmayı amaçlayan sistemi (Ecotube system) iki farklı ızgara tipinde nümerik olarak incelemişlerdir. İncelemiş oldukları kazanlardan bir tanesi 15 MW'lık atık biyokütle kazanı diğeri ise 29 MW'lık kömür kazanıdır. Nümerik çözümlemede FLUENT paket programından faydalananlardır. Türbülans ve kimyasal reaksiyon arasındaki ilişkiyi çözümlemede Finite rate/Eddy dissipation modellerini kullanmışlardır. Çok kompleks olayların yanma yatağı kısmında gerçekleştiğini ve bu olayların yakıt partiküllerinin isınması ve kuruması, partiküllerin ızgara üzerinde hareket etmesi, gaz ve katı faz arasındaki etkileşim, yakıt pirolizi ve uçucuların çıkışması, ve son olarak gazlaşma ve yanmayı içerdiğini belirtmişlerdir. Bu karmaşık olayları ızgara üzerinde sadece homojen gaz fazının modellenmesiyle basitleştirmiştir. Sınır şartlarını yakıt piroliz reaksiyon sonuçlarına göre girmiştir. Biyokütle ve kömür gaz reaksiyonlarının kinetik verilerini doğrudan FLUENT programı içerisinde yer alan metan yanma reaksiyonundan elde etmişlerdir. Sonuç olarak yapılan nümerik sonuçların başarılı olduğunu belirtmişlerdir. Gomez ve ark. (2012), 18 kW'lık ev tipi pelet soba/kazanın performansını nümerik ve deneysel olarak araştırmışlardır. Ayrıca farklı su sıcaklıklarının kazan performansı üzerindeki etkisini de incelemiştir. Türbülans ve kimyasal reaksiyon arasındaki ilişkiyi çözümlemede Arrhenius finite-rate ve Magnussen ve Hijertager eddy dissipation modellerini, türbülansın modellenmesinde realizable k-ε modelini kullanmışlardır. Su sıcaklığının 60 °C olarak kabul edildiği,  $\lambda=2.2$  durumu için nümerik hesaplama sonucu elde edilen maksimum sıcaklıkların yaklaşık 1500-1600 °C civarlarında olduğunu ve ızgaraya yakın olduğunu, egzoz gazı sıcaklığının 188 °C olduğunu ve verimin %77.3 olduğunu bildirmiştir. Deneysel sonuçlar ile nümerik sonuçların iyi uyum sağladığını belirtmişlerdir. Lee ve arkadaşları (2011) çalışmalarında evsel ısıtma amaçlı olarak satılan 35 kW'lık pelet sobasında deneysel ve nümerik incelemeler yapmışlardır. Pelet yakıtı yanması boyunca, gaz bileşimlerini, sıcaklıkları ve kül karakteristiklerini çeşitli çalışma yükleri, hava akım hızı ve ocak konfigürasyonları için sobanın farklı kısımlarında deneysel ve nümerik olarak analiz etmişlerdir. Ayrıca ocak biçimini, akış dağılımını, ikincil ve üçüncü hava enjeksiyonlarının yönlerini sadece nümerik olarak incelemiştir. Nümerik hesaplamalarda Fluent 6.3 programını kullanmışlardır. Yanma modeli olarak karışım kesri (mixture fraction) yaklaşımı, radyasyon modeli olarak Discrete Ordinates (DO) modeli ve türbülans modeli olarak standart k-ε modeli kullanmışlardır. Hava fazlalık katsayısı,  $\lambda=1.7$  olarak kabul etmişlerdir. Oluşan maksimum alev sıcaklıklarının 1530 K-1760 K arasında olduğunu belirtmişlerdir. Mevcut sobada baca gazı çıkış sıcaklıklarının ise 170 °C civarında olduğunu ifade etmişlerdir. Ahn ve Kim (2014) çalışmalarında sabit yataklı 278 kW'lık pelet kazanı geliştirmişler ve deneysel olarak test etmişlerdir. Ayrıca bu deneysel sonuçları nümerik hesap sonuçlarıyla kıyaslamışlardır. Kazan içi sıcaklıklarını termoelemanlar yardımıyla ölçmüştür ayrıca termal kamera ile de görüntü almışlardır. Kazan içinde oluşan maksimum sıcaklıkların 1000 °C civarında olduğunu belirtmişlerdir.

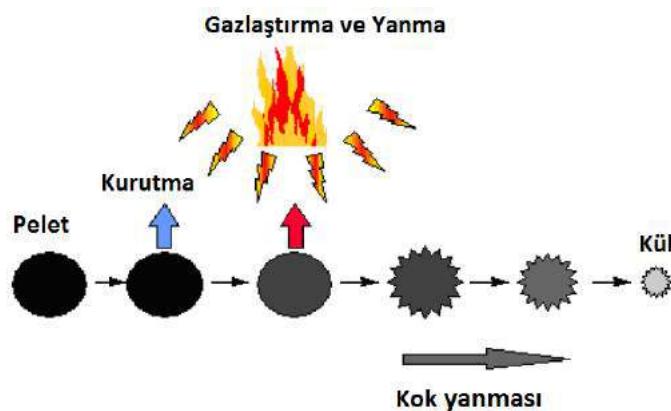
Nümerik çözümlemede Fluent paket programından yararlanılmışlardır. Yanma modeli olarak Finite rate/Eddy dissipation modelini, radyasyon modeli olarak Discrete Ordinates (DO) modeli ve türbülans modeli olarak standart k- $\epsilon$  modeli kullanmışlardır. Kazan içi sıcaklıklarını nümerik ve deneyel olarak kıyaslamışlar ve iyi uyum sağladığını belirtmişlerdir.

Bu çalışmada örnek bir pelet kazanında farklı yükleme koşullarına göre oluşan yanma üç boyutlu olarak FLUENT paket programı kullanılarak incelenmiştir. Türbülans modeli olarak RNG k- $\epsilon$ , yanma modeli olarak Finite rate/Eddy dissipation modeli kullanılmıştır. 30 kW, 45 kW, 60 kW ve 75 kW ısıl güçlerde oluşan sıcaklık konturları, hız vektörleri, baca gazi çıkış sıcaklıkları incelenerek sonuçlar değerlendirilmiştir.

## MATERIAL ve METOD

Pelet yakıtının yanması diğer katı yakıtlarda olduğu gibi dört aşamada gerçekleşir (Şekil 1);

- Suyun buharlaşması ile kuruma
- Gazlaştırma (piroliz) ile uçucu bileşenlerin ayrılması
- Uçucu (gaz) bileşenlerinin yanması
- Kok (sabit karbon) yanması



Şekil 1. Pelet Yakıt Yanma Aşamaları

Teknolojinin hızla ilerlemesi ve bilgisayar alanındaki gelişmeler ile mühendislik problemlerinin çözümünde nümerik yöntemler yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada da nümerik yöntemleri kullanan bir hesaplamalı akışkanlar dinamiği programı olan Fluent 6.3.26 paket programı kullanılmıştır ve programda kullanılan modellerin detayları hakkında bilgiler verilmiştir.

Fluent, kısmi diferansiyel denklemleri sonlu hacimler metoduna dayanarak cebirsel denklem takımına dönüştürerek çözen bir hesaplamalı akışkanlar dinamiği programıdır. Akışkan hareketleri, ısı transferi, partikül hareketleri, yanma gibi çok değişik akışkan prosesleri Fluent program ile modellenebilir.

Fluent programında yanmanın modellenmesi için çeşitli seçenekler mevcuttur (Fluent, 2006). Bunlar;- türlerin taşınımı (species transport) modeli, ön karışimsız (non-premixed) model, ön karışıklı (premixed) model, kısmen ön karışıklı (partially premixed) model, bileşim (composition) pdf modelleridir.



Bu çalışmada yanma için türlerin taşınımı modeli kullanılmış olduğundan modelin kısaca detayları aşağıda verilmiştir.

**Türlerin Taşınımı (Species Transport):** Bu yaklaşım türlerin külesel kesirlerinin korunumu için kullanıcı tarafından tanımlanan kimyasal reaksiyonların çözümünü içerir. Reaksiyon hızları Arrhenius denkleminden, türbülans reaksiyon ilişkisi Magnussen ve Hjertager denklemleri ile hesaba katılır. Türbülans ve reaksiyon arasındaki ilişkinin belirlenmesi için çeşitli modeller mevuttur;

**Laminar Finite Rate:** Türbülans etkileri göz önüne alınmaz ve reaksiyon hızı Arrhenius denkleminden çözülür.

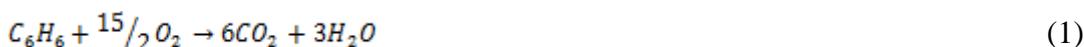
**Finite-Rate/Eddy Dissipation:** Türbülanslı akışlarda geçerlidir. Arrhenius hızını ve karmaşık hızını hesaplar ancak bunlardan hangisinin değeri küçükse onu kullanır.

**Eddy Dissipation:** Türbülanslı akışlarda geçerlidir. Sadece karmaşık hızını hesaplar. (Magnussen ve Hijertager Eşitliği)

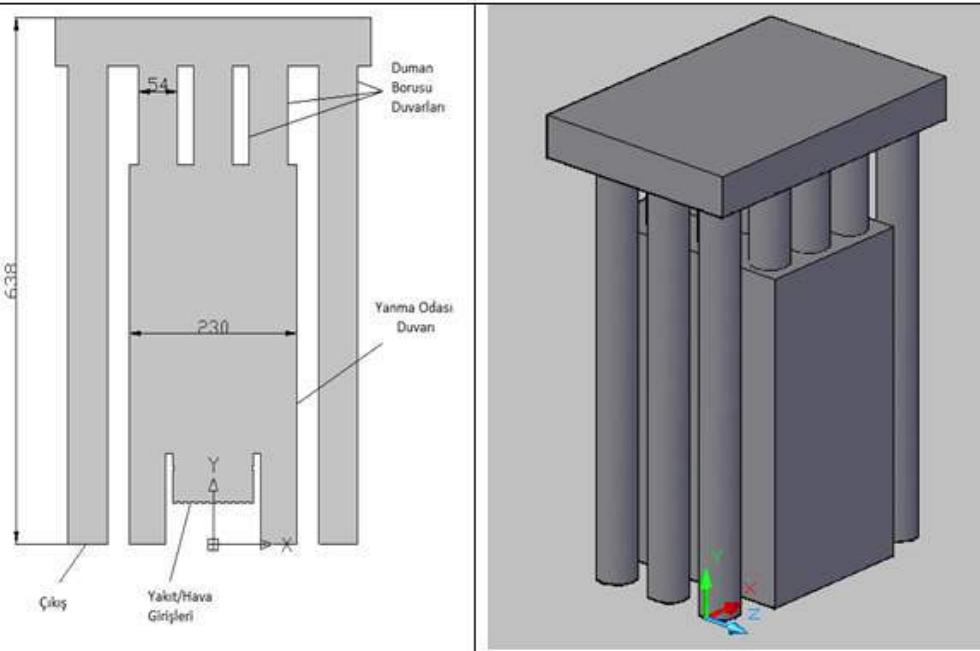
**EDC (Eddy Dissipation Concept):** Türbülanslı akışlarda geçerlidir. Zaman sabiti ve hacim kesri sabiti gibi değerleri değiştirmemize imkan tanır.

Türlerin taşınımı modeli; ön karışimsız yanma, ön karışıklı yanma ve kısmen ön karışıklı yanma gibi problemlerin çözümünde kullanılabilir (Fluent, 2006).

Bu çalışmada örnek bir kazanda pelet yakıtının uçucu bileşenleri gaz fazında modellenmiştir. Sabit karbon kısmı ise yakıt besleme çanağının (hzne) hemen üzerinde karbon partikülleri enjekte edilerek modellenmiştir. Hesaplamlar üç boyutlu olarak gerçekleştirilmiş ve hesaplamları akışkanlar dinamiği programı olarak FLUENT kullanılmıştır. Türbülansın modellenmesinde RNG k-ε model, yanmanın modellenmesinde Finite rate/Eddy dissipation model, radyasyonun modellenmesinde P1 yaklaşımı kullanılmıştır. Reaksiyon modelinde aşağıdaki reaksiyonlar programa girilerek hesaplamlar gerçekleştirilmiştir:



Model kazanın geometrik ölçüleri, çözümlemede kullanılan sınır şartları ve kazanın üç boyutlu görünümü Şekil 2'de verilmiştir.



**Şekil 2. Modellemesi Yapılan Pelet Kazanı Ölçüleri, Sınır Şartları Ve Üç Boyutlu Görünümü**

Yanma haznesine hava alttan girmekte, yakıt ise bir helezon yardımıyla üstten beslenmektedir. Yanma sonucu oluşan alevin ısısı radyasyon ve konveksiyon yoluyla yanma odasını çevreleyen suya geçmektedir. Yanma ürünlerini önce yanma odasının üzerindeki 9 adet duman borularından geçmekte, daha sonra ise dış taraftaki 6 adet duman borularına yönelmektedir. Yanma ürünlerinin ısısı yine radyasyon ve konveksiyon ile duman borularını çevreleyen suya geçmektedir.

Üç boyutlu kazanda yaklaşık olarak 300000 hücre bulunmaktadır. Ayrıca daha sık ağ yapıları denenmiş ancak sonuçlar birbirine benzer çıkmıştır. Kazan ısıl gücü 30 kW, 45 kW, 60 kW ve 75 kW olacak şekilde hesaplamalar yapılmıştır.

Pelet yakıtın özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Yakıt içeriğindeki nem miktarı da gaz fazına eklenmiştir. Uçucu bileşenlerin CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, hafif hidrokarbonlar (CH<sub>4</sub>) ve katrandan (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) olduğu kabul edilmiştir (Gomez vd., 2009).

**Tablo 1. Pelet Yakıt Özellikleri (Gomez Vd., 2009)**

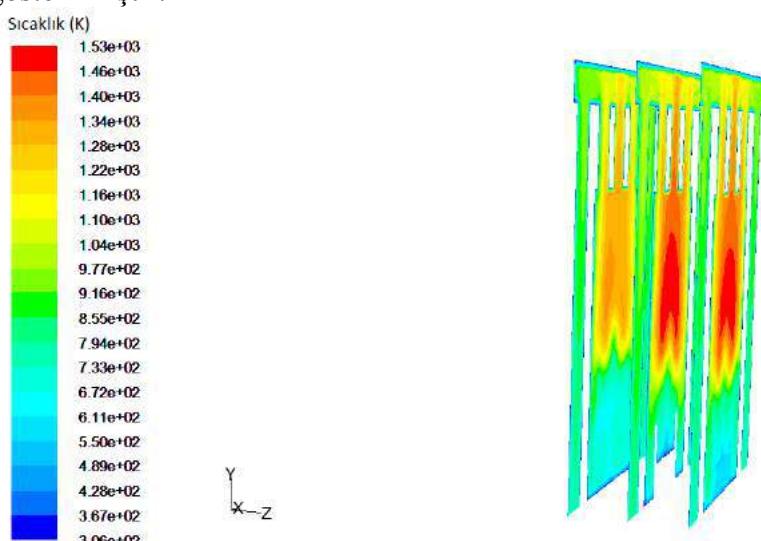
Yaklaşık analiz

Nem [küt.%]	8.50
Kül [küt.%]	0.62
Sabit karbon [küt.%]	16.20
Uçucu madde [küt.%]	74.68
Alt ısıl değer [kJ/kg]	18330

Hesaplamaların tümü hava fazlalık katsayısı  $\lambda = 2$  durumu için yapılmıştır. Su ile temas eden tüm yüzeyler 353 K sıcaklıkta duvar olarak kabul edilmiştir. Çıkış bölgesi basınç çıkışı (pressure outlet), hava girişi ve yakıt girişi hız girişi (velocity inlet) olarak alınmıştır. Çözümlemelerin tümünde süreklilik ve enerji yakınsama kriterleri  $10^{-6}$  olana kadar iterasyonlar sürdürülmüştür.

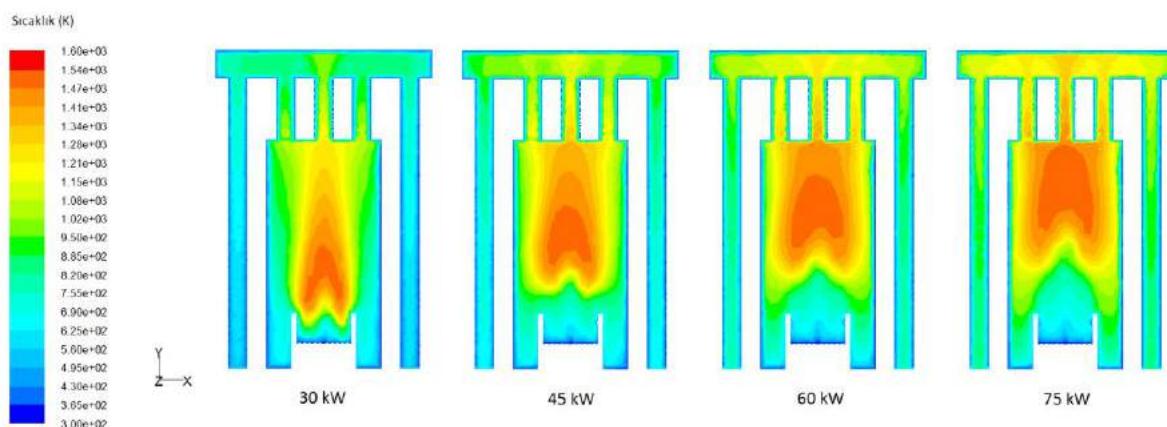
## BULGULAR ve TARTIŞMA

Pelet yakıtı yanması sonucu oluşan sıcaklık konturu, 60 kW kazan ısıl gücü için duman borularının merkez düzlemlerindeki perspektif görüntüleri alınarak Şekil 3'te gösterilmiştir.



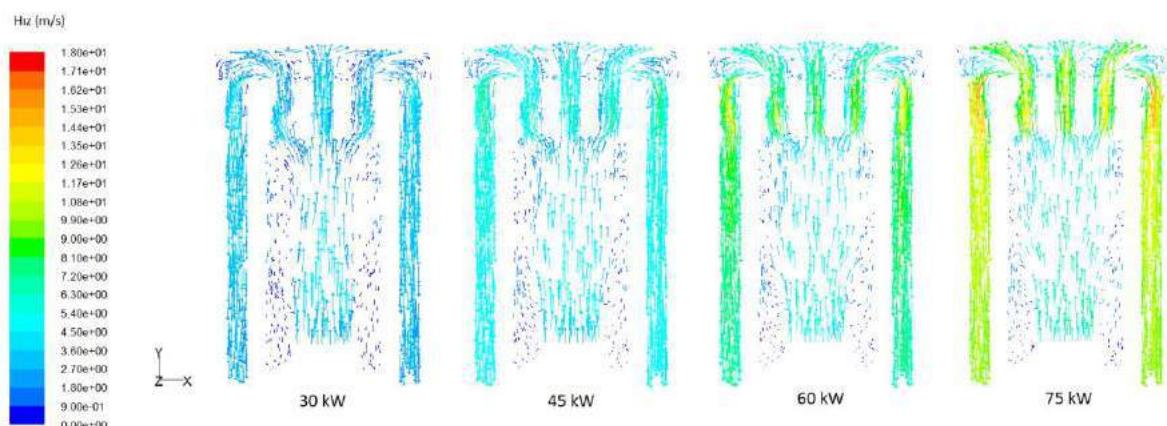
Şekil 3. 60 Kw Duruma Göre Oluşan Sıcaklık Konturlarının Perspektif Görünümü

Ayrıca daha detaylı kıyaslama yapabilmek amacıyla pelet yakıtı yanması sonucu oluşan sıcaklık konturu kazanın merkezinden kesit görüntüsü alınarak tüm ısıl güçler için Şekil 4'te gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi 30 kW güç durumunda hazneye yakın bölgelerde alev sıcaklığı maksimum değerlerine ulaşmış, sıcak gazların su ile çevrili bölgelerle temas etmesi dolayısıyla sıcaklıklar çıkışa doğru giderek düşmüştür. Yükleme miktarı arttıkça maksimum alev sıcaklığının olduğu bölge de hızneden uzaklaşarak birincil duman boruları girişine yakın bölgelerde oluşmuştur. 75 kW yükleme durumunda gaz hızlarının diğer yükleme durumlarına göre nispeten yüksek olması sebebiyle ve artan gücün de etkisiyle kazan içerisindeki ortalama sıcaklıklar daha yüksektir. 30 kW durumunda oluşan maksimum sıcaklık 1598,3 K iken, 45 kW durumunda 1540,3 K, 60 KW durumunda 1525,4 K ve 75 kW durumunda 1513,8 K olduğu görülmüştür. Kazan ısıl gücü arttıkça birincil ve ikincil duman borularına giren gaz sıcaklıklarının da arttığı görülmektedir.



**Şekil 4. Yükleme Koşullarına Göre Oluşan Sıcaklık Konturları**

Şekil 5'te pelet yakıtı yanması sonucu oluşan hız vektörleri gösterilmiştir. Yakıtın yanması sonucu oluşan sıcak gazlar ocak içerisinde ve su kanalı yakınında küçük girdaplar oluşturmuş, daha sonra bacaaya yönelik düzgün bir şekilde kazanı terk etmiştir. Kazan yükleme miktarı azaldıkça gaz hızları azalmakta ve buna orantılı olarak gaz hız değerleri de azalmaktadır.



**Şekil 5. Yükleme Koşullarına Göre Oluşan Akım Fonksiyonu Konturları**

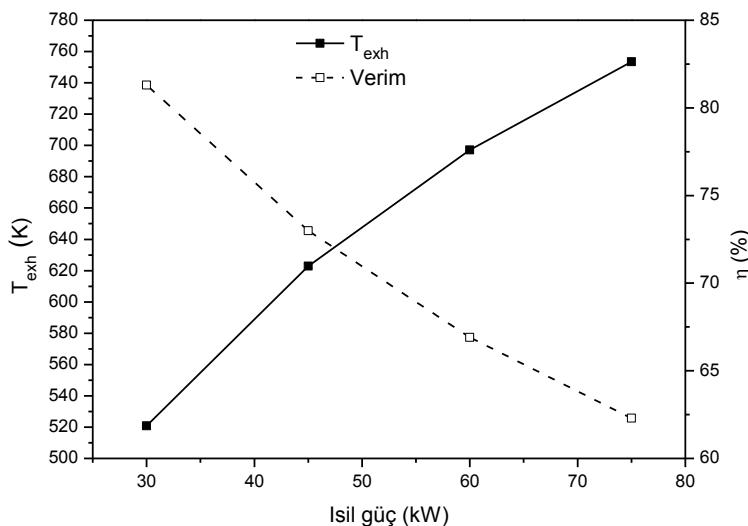
Bir kazanın verimi baca gazı duyuları ısısı hariç diğer kayıplar ihmal edilirse

$$\eta = 1 - (1 + \lambda A_{sto})(T_{exh} - T_0)c_{p,exh} / H_U \quad (7)$$

eşitliği ile hesaplanabilir (Sungur vd., 2016). Burada  $\lambda$  hava fazlalık katsayısı,  $A_{sto}$  stokiyometrik hava ihtiyacı (kg hava/kg yakıt),  $c_{p,exh}$  baca gazı özgül ısısı (kJ/kgK),  $T_{exh}$  baca gazı çıkış sıcaklığı (K),  $T_0$  hava giriş sıcaklığı (K),  $H_U$  ise yakıtın alt ısıl değeri (kJ/kg yakıt) dır.

Kazan veriminin farklı yükleme koşullarında değişimi hakkında yorum yapılabilmesi için baca gazı sıcaklıklarına bakılabilir. Şekil 6'da farklı yükleme koşullarında oluşan baca gazı sıcaklıkları ve verimler sunulmuştur. 75 kW yüklemde durumunda baca gazı sıcaklığının en yüksek (753,4 K), 60 kW durumunda 697,1 K, 45 kW durumunda 622,8 K ve 30 kW durumunda 520,8 K olduğu görülmüştür. Buna göre kazan ısıl gücü arttıkça baca gazı çıkış

sıcaklığı artmakta ancak kazan verimi de düşmektedir. Görüldüğü gibi çıkış sıcaklığının yüksek olduğu 75 kW ısıl güç durumunda verim değeri % 63 civarlarında iken, 30 kW ısıl güç durumunda yaklaşık % 82'lik bir verim değeri elde edilmiştir.



**Şekil 6. Yükleme Koşullarına Göre Baca Gazı Sıcaklıklarları Ve Verim**

## SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Yapılan çalışmada, örnek bir pelet kazanında farklı yükleme koşullarına göre oluşan yanma nümerik olarak incelenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Hesaplamalar üç boyutlu olarak gerçekleştirilmiştir. 30 kW, 45 kW, 60 kW ve 75 kW ısıl güçlerde oluşan sıcaklık konturları, hız vektörleri, baca gazı çıkış sıcaklıkları incelenerek değerlendirilmeler yapılmıştır. Yapılan hesaplamalarda kazan ısıl gücü arttıkça çıkış sıcaklığının arttığı ancak buna bağlı olarak kazan veriminin de düştüğü görülmüştür. En yüksek baca gazı sıcaklığı 753,4 K ile 75 kW ısıl güç durumunda elde edilmiş, en düşük ise 30 kW durumunda 520,8 K ile elde edilmiştir. Baca gazı sıcaklığının yüksek olduğu 75 kW ısıl güç durumunda verim değeri % 63 civarlarında iken, 30 kW ısıl güç durumunda yaklaşık % 82'lik bir verim değeri elde edilmiştir. Kazan yükleme durumuna göre farklı yöntemler de geliştirilebilir. Örneğin tam yükleme durumunda oluşan yüksek baca gazı sıcaklığı duman borularına türbülatör yerleştirilerek düşürülebilir. Ayrıca katı yakıtın yanma aşamaları (kurutma, gazlaşma, sabit karbon yanması) daha detaylı hesaplanarak mevcut model geliştirilebilir.

## KAYNAKLAR

- Ahn, J.; Kim, J. J., (2014). Combustion and heat transfer characteristics inside the combustion chamber of a wood pellet boiler. *J Mech Sci Technol*, 28, (2), 789-795.
- Chaney J., Liu H., Li J., (2012). An overview of CFD modelling of small-scale fixed-bed biomass pellet boilers with preliminary results from a simplified approach, *Energy Conversion and Management*, 63, 149-156
- Collazo J., Porteiro J., Miguez J.L., Granada E., Gomez M.A., (2012). Numerical simulation of a small-scale biomass boiler, *Energy Conversion and Management*, 64, 87-96.



- Dong W., Blasiak W., (2001). CFD modeling of ecotube system in coal and waste grate combustion, *Energy Conversion and Management*, 42, 1887-1896
- Fluent 6.3, Fluent User's Guide, (2006).
- Gomez M.A., Comesana R., Alvarez Feijoo M.A., Eguia P., (2012). Simulation of the Effect of Water Temperature on Domestic Biomass Boiler Performance, *Energies*, 5, 1044-1061.
- Lee, Y.-W.; Ryu, C.; Lee, W.-J.; Park, Y.-K., (2011). Assessment of wood pellet combustion in a domestic stove. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 13, (3), 165-172.
- Porteiro J., Collazo J., Patino D., Granada E., Gonzalez J.C.M., Miguez J.L., (2009). Numerical modeling of a biomass pellet domestic boiler, *Energy and Fuels*, 23, 1067-1075
- Sui J., Xu X., Zhang B., Huang C., Lv J., (2013). A mathematical model of biomass briquette fuel combustion, *Energy and Power Engineering*, 5, 1-5.
- Sungur, B., Ozdogan, M., Topaloglu, B., Namli, L., (2017). Technical and Economical Evaluation of Micro-Cogeneration Systems in the Context of Global Energy Consumption, *Engineer and Machinery*, 58(686), 1-20.
- Sungur B., Topaloglu B., Ozcan H., (2016). Effects of nanoparticle additives to diesel on the combustion performance and emissions of a flame tube boiler, *Energy*, 113, 44-51.



## OPEN SOURCE VIRTUALIZATION A UNIVERSITY CASE: GAZIANTEP UNIVERSITY

İlkay Sibel KERVANCI

Gaziantep Üniversitesi Bilgi İşlem Daire Başkanlığı

skervanci@gantep.edu.tr

Celal DIKICI

Gaziantep Üniversitesi Bilgi İşlem Daire Başkanlığı

c\_dikici@gantep.edu.tr

Doç.Dr.İbrahim Taner Okumuş

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Bilgisayar Mühendisliği

ikumus@ksu.edu.tr

**ABSTRACT:** Virtualization has become one of the most significant concepts of information technologies since 2000s as it helps in reducing the energy, personnel, support and maintenance contract costs and increasing operational efficiency. As a result, commercial and open source virtualization products have begun to be used. Certain products (VMware) have come to the forefront and dominated the market with the advantages and add-ons they provide; however, open source products have been left behind in market rankings, despite the same and even more features they provide. The most important reason for not choosing the open code software is based on the idea posse by the IT specialists that they do not provide enough marketing, training and support network like commercial products. On the contrary, the forum, discussion groups, video, installation and usage documents to support open source software are as large as possible. In this article, our aim is to encourage IT specialists to use open coded Proxmox software by illustrating ease of installation, use, maintenance, updating as well as its integration with Ceph storage product, a free software as itself. In addition, we present an evaluation of the performance of Proxmox and Ceph integration, which does not require any cost other than the server cost, of different installation scenarios and applications in our university. Also, the contributions of hardware improvements in the network, disk, CPU, server infrastructure are assessed.

**Key words:** proxmox, ceph ,cluster ,open source

## AÇIK KAYNAK KODLU SANALLAŞTIRMA BİR ÜNİVERSİTE ÖRNEĞİ: GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ

**ÖZET:** Sanallaştırma, enerji, personel, destek ve bakım anlaşması maliyetlerinde tasarruf etmeye ve operasyonel etkinliği artırmaya sağladığı katkılar bakımından, 2000 li yılların bilgi teknolojileri açısından önemli kavamlardan biri haline gelmiştir. Bunun sonucu olarak ticari ve açık kaynak kodlu sanallaştırma ürünleri kullanılmaya başlanmıştır. Sağladıkları avantajlar ve eklentilerle belirli ürünler öne çıkmış ve piyasaya hakim olmuş iken (VMware ), açık kaynak kodlu ürünler ise aynı özellikler ve hatta daha fazlasını da sağlamasına rağmen pazar sıralamalarında gerilerde kalmıştır. Bilişimcilerin tercih etmemesinin en önemli sebebi açık kaynak kodlu yazılımların ticari ürünlerdeki gibi pazarlama, eğitim ve destek ağının yeterli olmadığı düşüncesidir. Aksine açık kaynak kodlu yazılımları desteklemek adına kurulan forum, tartışma grupları, video, kurulum ve



kullanım dokümanları olabildiğince fazladır. Bu makalede açık kaynak kodlu sanallaştırma yazılımlarından olan proxmox'un kurulum, kullanım, bakım, güncelleştirme işlemlerinin kolaylıklarını ve yine kendi gibi özgür yazılım olan ceph storage ürünü ile entegrasyonu anlatılarak bilişimcilerin açık kaynak kodlu yazılımları kullanmaya özendirilmesi ve ülke ekonomisine katkıda bulunulması hedeflenmektedir. Ayrıca sunucu maliyeti dışında hiç bir maliyet gerektirmeyen Proxmox ve Ceph entegrasyonu ile farklı kurulum senaryolarındaki performanslarının karşılaştırılması ve üniversitemizde yaptığımız uygulamaların değerlendirilmesi yapılacaktır. Network, disk, cpu, sunucu alt yapılarında ki donanım iyileştirmelerinin katkıları değerlendirilecektir.

**Anahtar sözcükler:** proxmox,ceph,cluster,açık kaynak kod

## GİRİŞ

Sunucu sanallaştırma yazılımı olan proxmox 2008 yılında ilk stabil versiyonunu yayınladı. Bare-metal olarak adlandırılan yani donanım üzerine direk kurulan bir sanallaştırma yazılımıdır. *Proxmox 4.0 beta 2 2015' den itibaren* ceph server packages desteklemeye başlamasıyla birlikte sunucu, depolama, ağ kaynakları, kümeleme(cluster), yedekleme, geri yükleme, felaket kurtarma işlemleri yazılımlar aracılığı ile donanım bağımsız bir şekilde yapmaktadır ([www.pve.proxmox.com](http://www.pve.proxmox.com)). Tüm bileşenleri birbiri ile uyumlu ve web arayüzünden tek bir sistem gibi yönetilmesi ,kurulum ve kullanım kolaylığı bakımından açık kaynak kodlu hiper bütünsel (hyper converge) bir sistemdir. Artık sanallaştırma yazılımını donanımla entegre halde ve bir saklama ortamı (storage) kullanmaksızın ve sanal ortamlar için gerekli ürünlerin birini yada bir kaçını içerecek şekilde farklı markalar adı altında birleşerek yada satın almalarla bütünsel (converge) ürünlerini piyasaya sunmaktadır. Bu tarz bütünsel produktlere neredeyse bütün büyük isimler bir yada birkaç model ile ve her geçen gün yeni eklenti, özellikler ekleyerek takip etmekte. Bu ürünlerin genel amacı depolama, sunucu, ağ, sanallaştırma yazılımı, yönetim yazılımları, yedekleme yazılımlarını tek yerde adresleyerek yönetimi kolaylaştırma, performansı artırma ve veri üzerinde sıkıştırma, tekilleştirme gibi işlemleri de yaparak kapasite tasarrufu sağlamak. Tabi bunların hepsini sağlayan ürünler olduğu gibi bu saydığımız özelliklerin bir kısmını sağlayan ürünlerde bulunmakta. Ürünler sağladığı özelliklere göre farklı fiyat aralıkları ile karşımıza çıkmaktadır. (Rodríguez-Haro vd.)

Proxmox'un seçilmesini mali açıdan cazip kıracak en önemli özellikler açık kaynak kodlu olması işletmelere ilk yatırım, bakım ,destek için maddi yük getirmemesi ve donanım bağımsız olması ile de elimizde bulunan eski sunucularımızı değerlendirebilmemiz sayılabilir. Ayrıca proxmox'un yine kendi gibi açık kaynak kodlu olan ceph'in içine bir modül olarak eklenmesi ile veri depolama maliyet kalemleri de ortadan kalkar. Bunların tek arayüzden yönetilmesiyle de personelden de tasarruf sağlanmış olur. Kullanım kolaylığı ve operasyonel verimlilik artar.

Proxmox'un diğer sanallaştırma yazılımlarından ayıran bir diğer özellikte Container yapısını desteklemesi ,aynı yapı içerisinde sanal makine ve container'in bir arada kullanımına olanak sağlamasıdır.

## Ceph

Ceph açık kaynak kodlu yazılım tabanlı veri depolama sistemidir. Verileri obje, blok, dosya tabanlı tutar ,yedekler ve dağıtır. Ceph te raid karta ve spare diske ihtiyaç yok ,aynı boyutta diskler olsun gibi bir şart yok. Yatayda büyütülebilir exabyte seviyelerine kadar ya



da 1000 adet servera kadar, single point of failure da veri kaybı yaşatmayan, software tabanlı, büyük oranda kendi kendini yöneten bir veri depolama sistemidir.( Singh , 2016). Proxmox VE 2.3 ile RBD(ceph) desteği 2013 yılında eklendi. Proxmox VE 3.2 ile 2014 yılında ceph server PVE'ler üzerinde çalışmaya başladı. Proxmox VE 4.0 beta2 den sonra container'lar da ceph üzerinde çalışabildi. ([www.pve.proxmox.com/wiki/Roadmap#Proxmox\\_VE\\_2.3](http://www.pve.proxmox.com/wiki/Roadmap#Proxmox_VE_2.3) )

### ***Proxmox Üzerinde Ceph Uygulaması Avantajları***

1. Proxmox VE'nin kolay kurulum ve yönetim CLI ve GUI desteği
2. Thin provision
3. Snapshot
4. Tek sayıdaki hatayı tolere etmesi
5. Kendini onarma özelliği
6. Raid karta ihtiyaç duymaz
7. Donanım bağımsız çalışabilmesi
8. Donanımlar arasında data replikasyonu yapması hata toleransı sağlar.
9. Exabyte seviyesindekidataları destekler
10. Farklı performans ve karakteristikte poolalar oluşturulabilir.
11. Kolay yönetim
12. Açık kaynak kodlu
13. Disk eklendikçe kolay kapasite artırımı
14. Container

### ***Container***

Sanallaştırma yapılan sunucularda VM sayılarının artması ile sanal sunucularda kaynakların atıl kalması ve işletim sisteminin kullandığı kaynakların artması ile kaynakları daha verimli kullanabilmek adına daha az kaynak tüketen container yapısı doğmuştur. (Xavier vd.,2014) Linux çekirdeğinde bulunan lxc kullanılarak çoklu izole edilmiş container 'lar oluşturularak yapılmaktadır. Container Virtual Private Server(VPS), jail ,Virtualized server olarak adlandırılır ve işletim sistemi seviyesinde sanallaştırmadır.(Rodríguez vd.,2012)

Proxmox VE 1.0 ilk stabil versiyondan bu yana KVM ve OpenVZ yi desteklemektedir. KVM VM alt yapısını oluştururken , OpenVZ container kullanımına olanak sağlar. Proxmox VE 4.0 beta1 versiyonundan itibaren OpenVZ kaldırıldı ve Linux lxc eklendi. ([www.pve.proxmox.com/wiki/Roadmap#Proxmox\\_VE\\_2.3](http://www.pve.proxmox.com/wiki/Roadmap#Proxmox_VE_2.3) )

### ***Proxmox' un kurulum ve Kullanımı***

Proxmox'un kurulumu ile ilgili çok sayıda video ve doküman mevcuttur. Ekrana gelen ip , dns ayarları ve root kullanıcı şifresi girip next diyerek kurulumu tamamlıyoruz. Proxmox'a verdigimiz ip adresine erişimi olan bir bilgisayarın internet tarayıcısına <https://ip adresi :8006> yazarak web ara yüze erişebiliriz . Web ara yüzde kullanıcı root ve kurulumda verdigimiz şifreyi girdikten sonra local proxmox u kurduğumuz diskleri görüyoruz. Vm'ler için farklı disklerimiz var ise Linux komutları ile bu diskleri mount ediyoruz.

Öncelikle fdisk komutunu çalıştıralım ve disklerimizi görelim.

```
root@pveceph01:~# fdisk -l
```

disklerin herbiri için

```
root@pveceph01:~# cfdisk /dev/sdb
```



```
root@pveceph01:~# mkfs.ext4 /dev/sdb1
mkdir /disk2
mount /dev/sdb1 /disk2
```

Açılışta bu bölümün otomatik mount olması için fstab' a ekliyoruz.

pico /etc/fstab komutu ile aşağıdaki satır eklenmeli.

```
/dev/sdb1 /disk2 ext4 defaults,errors=remount-ro 0 1
```

Proxmox' u web arayüzü hemen hemen her şeyi yapmada rahatlıkla kullanılmaktadır. Vm create ya da Create CT butonlarını kullanarak kolayca sanal makinalar oluşturup yönetebiliriz. Her node, her Sanal Makine için kaynak tüketimini grafik ara yüzlerden takip edip zamanında önlemler alabilirsiniz. Zamanlanmış backup, LZO sıkıştırma teknolojisi ile sanal Makine yedekleri alabilmektedir. Snapshot son derece stabil çalışmaktadır. Network tarafında 10 GB , bond ve bridge desteği mevcuttur. Firewall seçenekleri cluster, node, Sanal Makine düzeyinde kullanılabilmektedir. HA (High Availability) özelliği stabil çalışmaktadır. Web ara yüzünden kullanıcı bazlı yetkilendirme yapılarak kullanıcıların yetkileri dahilinde sanal makinaları yönetmeleri sağlanabilmektedir. Ayrıca ZFS, RBD, ISCI, GlusterFS, NFS, LVM, Directory ortamlarını desteklemektedir. Kullanışlı web ara yüzü yanında komut satırında bu sistemleri yönetmede pek çok avantajlar sağlamaktadır. Daha önceden bir sanallaştırma yazılımı kullandı iseniz kolayca bu sistemleri de yönetebilirsiniz.

## Sistem Gereksinimleri

Proxmox'un ceph modülünü kullanacağımız için en az üç adet eş sunucu ile başlanması önerilmektedir. Ortak bir depolama alanı kullanmayacağız. Sunucular üzerindeki diskler depolama alanı olarak kullanılacağı için sistemlerinize yetecek kadar diskiniz olmalı .Sunucuların ram, cpu, disk gereksinimleri üzerinde çalışacak sanal makine ve container sayısına ve bunların ihtiyaçlarına göre değişiklik göstermektedir. Fakat 10Gbit Ethernet kartı olmadan bu yapının sağlıklı çalışması düşünülemez. Cluster ,ceph in konuşması içi en az 1 adet 10 Gbit port olmalı [2].Fakat bu gerçek ortamda kullanacak isek ceph ve cluster networklerini ayırmakta fayda var ayrıca vm,containerların internet için kullanacağı port 10 Gbit olduğunda aklınızda network tarafı ile ilgili tek sorun yedeklilik olur. Biz gerçek ortamımızda yedekliliği göz ardı edip ceph için 2x10Gbit ,cluster için 1x10Gbit,internet çıkışı için 1x10 Gbit,1x10Gbit vm ve container yedeklerini farklı bir cihaza farklı bir networkten veri aktarımı yapmak için kullandık .Bir diğer gereklilik SSD disk hypervisorlerin kurulması için 2 adet disk ile raid 1 yapılarak kullanılması tavsiye ediliyor bu zaten diğer hypervisorlerin de tavsiyesi ve bu şekilde raid seviyesinde yedeklilik sağlamış oluyoruz. Depolama alanı için kullanılacak disklerin arasında bu disklerin sayısına ve yazılacak veri büyülüğüne göre SSD disk ihtiyacı oluşuyor. Proxmox'un kendi sitesinde proxmox'un kurulacağı SSD için Single Enterprise class SSD olması öneriliyor iken OSD lerde de en az 2 tane journal için kullanılmak üzere SSD disk ve hatta bunların high quality ve enterprise class SSD olması veya NVMe express card olması öneriliyor.(www.proxmox.com)

Bu testler yapılırken 2 farklı yapıda sunucu kümeleri kullanıldı.

### 1. Yapı (Proxmox on Ceph)

Her biri alttaki konfigürasyonlardan oluşan 3 adet sunucu ile cluster bir yapı oluşturuldu. Sunucuların her birinde önerildiği gibi hypervisor için 2 adet Single Enterprise class SSD



kullanıldı. Ayrıca proxmox üzerindeki ceph (luminous) modülü kurularak, OSD'ler için 3 X 9 adet high quality ve enterprise class SSD ile 19.62 TB'lık disk havuzu oluşturuldu.

Sunucu Modeli	Huawei RH2288H V3
CPU	2 adet Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2680 v4 @ 2.40GHz
RAM	256 GB
HDD	9 adet 800 GB high quality ve enterprise class SSD (Intel SSD DC S3610) (Read 550 MB/s Write 490 MB/s)  2 adet 240 GB Single Enterprise class (Kingston) Raid 1 (Read 550 MB/s Write 520 MB/s)
NIC	4 X 10 GB Single Mode Fiber, 4 X 1 GB UTP Ethernet Card
OS	ProxmoxVE 5.0-31( Debian 9.1)

## 2. Yapı (*Proxmox on Raid 6*)

Bu yapıda 1 adet sunucu üzerine Proxmox kuruldu. Sunucuda önerildiği gibi hypervisor için 2 adet Single Enterprise class SSD kullanıldı. Ceph modülü kurulmayıp Raid 6 yapılan disk kümlesi kullanılarak 3.04 TB'lık disk havuzu oluşturuldu.

Sunucu Modeli	Huawei RH2288H V3
CPU	2 adet Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2680 v4 @ 2.40GHz
RAM	256 GB
HDD	15 adet 240 GB Single Enterprise class SSD (Kingston) (Read 550 MB/s Write 520 MB/s)  2 adet 240 GB Single Enterprise class (Kingston) Raid 1 (Read 550 MB/s Write 520 MB/s)
NIC	4 X 10 GB Single Mode Fiber, 4 X 1 GB UTP Ethernet Card
OS	ProxmoxVE 5.0-31( Debian 9.1)

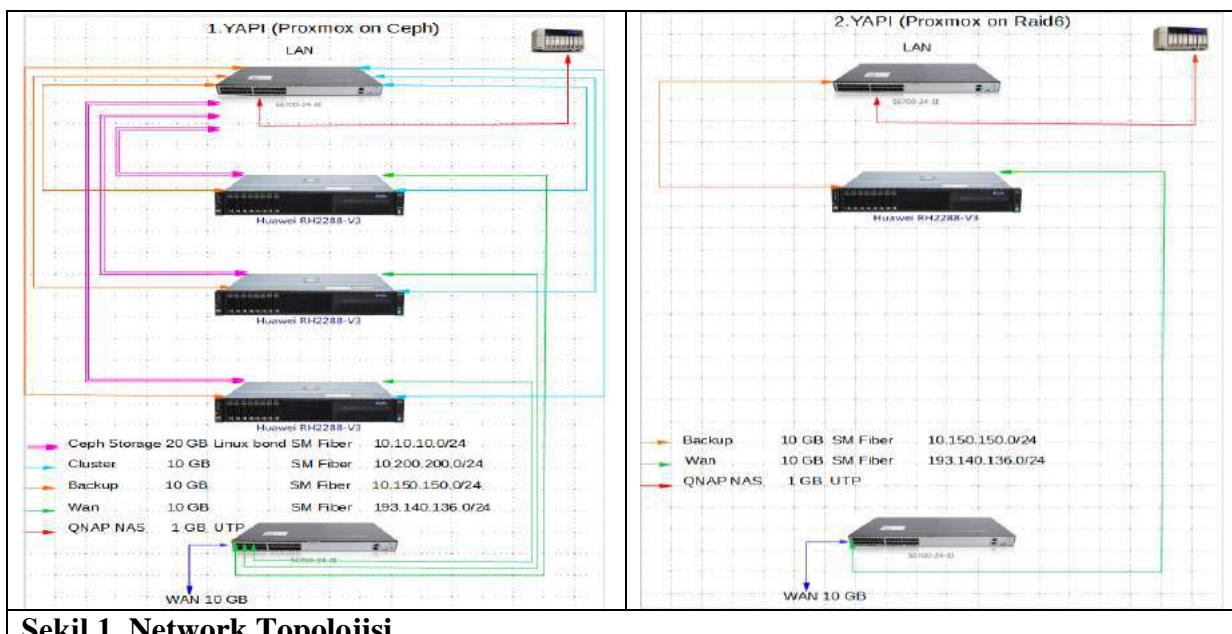
## YÖNTEM

Bir sunucuda Proxmox on Raid 6 local diskler üzerine kurulu iken , diğer üç sunucu proxmox'un ceph modülü ile ortak diskleri kullanıyor. Her iki ortamda da diskler SSD ve aynı özellikte dört sunucudan oluşmaktadır.

Proxmox on Ceph ve Proxmox on Raid 6 disk hızları karşılaştırması için ; iki ortama da VM olarak, Windows 7 (10Gb ram, 2 socket , 2 core, 200Gb harddisk) işletim sistemi kuruldu. Kurulan bu işletim sisteminde 2 farklı ölçüm yapılmıştır. Birinci ölçümde hard diskte default ayarlar seçilirken ikinci ölçümde hard diskin write back özelliği seçilerek VM 'lerdeki okuma ve yazma disk performanslarının Ceph ve Raid 6 yapılarındaki değerleri gözlemlenecektir.

Ölçümler yapılırken her iki yapıda da test VM'leri dışında herhangi bir sanal makine çalıştırılmamıştır.

Bu VM makinalar üzerine CrystalDiskMark 5.2.2x64 her iki ortama kuruldu. 50Mbit, 100Mbit, 500Mbit, 1Gb, 2Gb, 4Gb, 8Gb, 16Gb, 32Gb seçeneklerinden 4Gbit, 8Gbit, 16Gbit, 32Gbit ve 9 sınıma seçeneği seçildi.



Şekil 1. Network Topolojisi

Bulunacak değerlerin daha tutarlı olması için her iki ortamda her değer için 10 defa yapılan ölçümlerin ortalaması alınmıştır.

### Write Back

Bu önbellek seçenekinde, hem okuma hem de yazma ön belleği ana bilgisayar tarafından gerçekleştirilebilir. Vm diske yazılacak veriler, storage yazılıp yazılmadığına bakılmaksızın VM tarafından yazıldı olarak kabul edilir. (Wasim (2016))

**Tablo 1. CristalDiskMark Performans Ölçüm Kriterleri ([www.crystaldiskmark.info](http://www.crystaldiskmark.info))**

Seq Q32T1	Sequential (Block Size=128KiB) Read/Write with multi Queues & Threads
4K Q32T1	Random 4KiB Read/Write with multi Queues & Threads
Seq	Sequential (Block Size=1MiB) Read/Write with single Thread
4K	Random 4KiB Read Write with single Queue & Thread

Ölçüm kriterlerinin açıklaması [CristalDiskMark'ın web sayfasından](https://crystaldiskmark.info)

### BULGULAR

**Tablo 2. CristalDiskMark Performans Ölçüm Sonuçları 1**

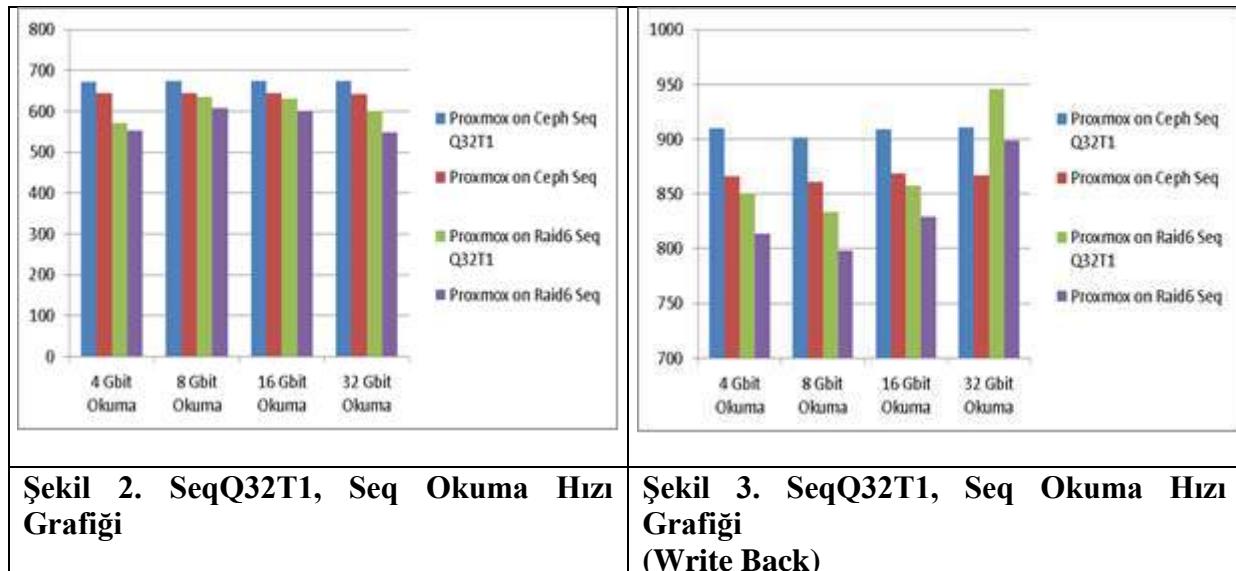
		4 Gbit		8 Gbit		16 Gbit		32 Gbit	
		Okuma	Yazma	Okuma	Yazma	Okuma	Yazma	Okuma	Yazma
PROXMOX ON CEPH	Seq Q32T1	671,85 MB/s	683,58 MB/s	674,24 MB/s	683,67 MB/s	674,93 MB/s	681,95 MB/s	673,69 MB/s	678,67 MB/s
	4K Q32T1	2,5225 MB/s	27,675 MB/s	1,6556 MB/s	31,951 MB/s	1,45 MB/s	24,29 MB/s	1,34 MB/s	21,23 MB/s
	Seq	643,85 MB/s	664,29 MB/s	643,85 MB/s	663,15 MB/s	645,37 MB/s	660,43 MB/s	642,17 MB/s	654,4 MB/s
	4K	2,7106 Mb/s	26,694 MB/s	1,5006 MB/s	29,274 MB/s	1,533 MB/s	21,15 MB/s	1,3659 MB/s	17,65 MB/s
PROXMOX ON RAID 6	Seq Q32T1	570,46 MB/s	633,78 MB/s	634,67 MB/s	690,12 MB/s	630,06 MB/s	683,2 MB/s	600,29 MB/s	637,3 MB/s
	4K Q32T1	19,035 MB/s	25,692 MB/s	14,398 MB/s	24,413 MB/s	12,492 MB/s	17,95 MB/s	8,462 MB/s	11,983 MB/s
	Seq	551,86 MB/s	619,2 MB/s	607,83 MB/s	678,61 MB/s	600,93 MB/s	666,33 MB/s	549,38 MB/s	616,98 MB/s
	4K	16,668 MB/s	22,875 MB/s	14,031 MB/s	21,225 MB/s	9,788 MB/s	15,281 MB/s	7,891 MB/s	10,544 MB/s

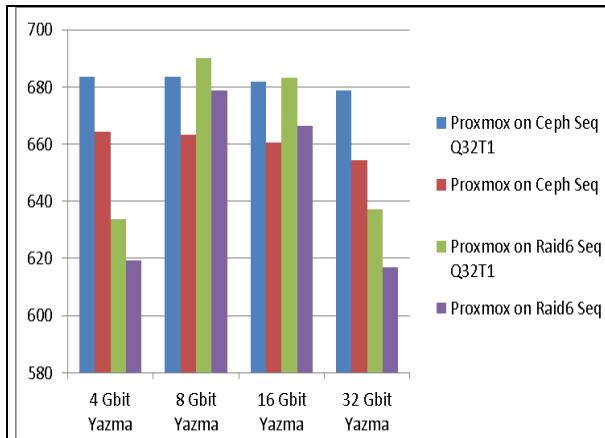
Windows 7 Proxmox'un default ayarları seçilerek kurulan VM 'deki CristalDiskMark değerleri yukarıdaki gibi elde edilmiştir.

**Tablo 3. CristalDiskMark Performans Ölçüm Sonuçları 2 (Write Back)**

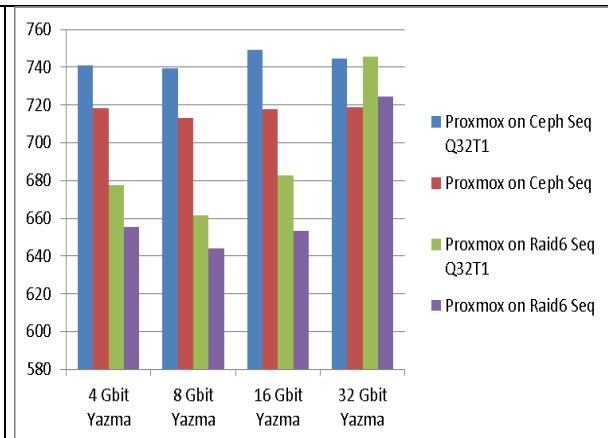
		4 Gbit		8 Gbit		16 Gbit		32 Gbit	
		Okuma	Yazma	Okuma	Yazma	Okuma	Yazma	Okuma	Yazma
PROXMOX ON CEPH	Seq Q32T1	909,62 Mb/s	741,05 Mb/s	901,75 Mb/s	739,26 Mb/s	908,71 Mb/s	749,39 Mb/s	910,39 Mb/s	744,6 Mb/s
	4K Q32T1	45,849 Mb/s	44,489 Mb/s	44,871 Mb/s	43,607 Mb/s	41,019 Mb/s	39,943 Mb/s	39,623 Mb/s	38,619 Mb/s
	Seq	865,69 Mb/s	718,45 Mb/s	861,29 Mb/s	713,04 Mb/s	868,34 Mb/s	717,6 Mb/s	867,22 Mb/s	718,58 Mb/s
	4K	35,954 Mb/s	33,803 Mb/s	35,557 Mb/s	33,519 Mb/s	33,235 Mb/s	31,537 Mb/s	32,032 Mb/s	30,342 Mb/s
PROXMOX ON RAID 6	Seq Q32T1	850,28 Mb/s	677,71 Mb/s	833,31 Mb/s	661,63 Mb/s	857,28 Mb/s	682,89 Mb/s	946,03 Mb/s	745,69 Mb/s
	4K Q32T1	43,668 Mb/s	39,535 Mb/s	41,586 Mb/s	37,46 Mb/s	40,306 Mb/s	36,26 Mb/s	39,839 Mb/s	35,655 Mb/s
	Seq	813,63 Mb/s	655,21 Mb/s	798,44 Mb/s	644,1 Mb/s	828,97 Mb/s	653,32 Mb/s	898,58 Mb/s	724,41 Mb/s
	4K	33,021 Mb/s	31,311 Mb/s	33,721 Mb/s	30,314 Mb/s	33,214 Mb/s	29,405 Mb/s	32,723 Mb/s	29,165 Mb/s

Windows 7 Proxmox'un best practices ayarlarından, özellikle disk yazma hızını etkileyen write back seçilerek kurulan VM 'deki CristalDiskMark değerleri yukarıdaki gibi elde edilmiştir.

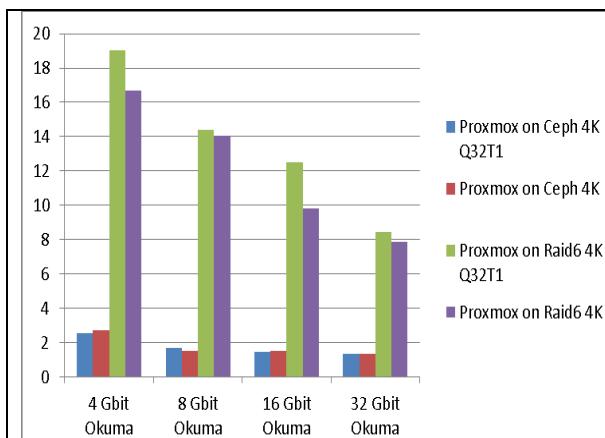




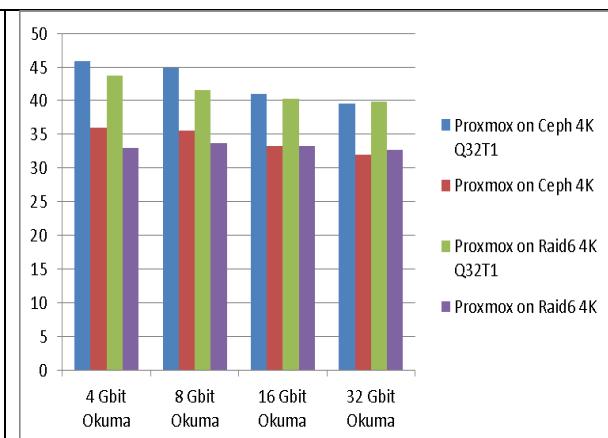
**Şekil 4. SeqQ32T1, Seq Yazma Hızı Grafiği**



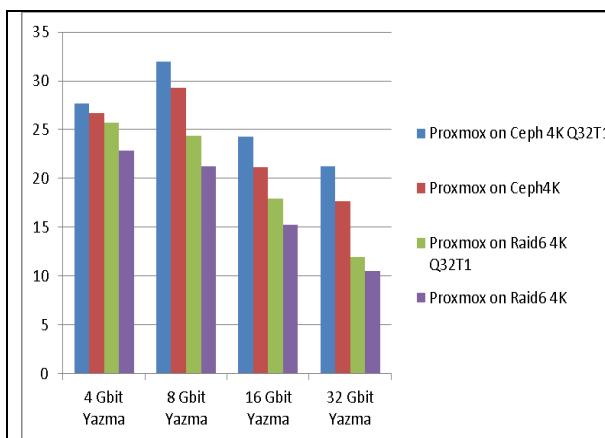
**Şekil 5. SeqQ32T1, Seq Yazma Hızı Grafiği (Write Back)**



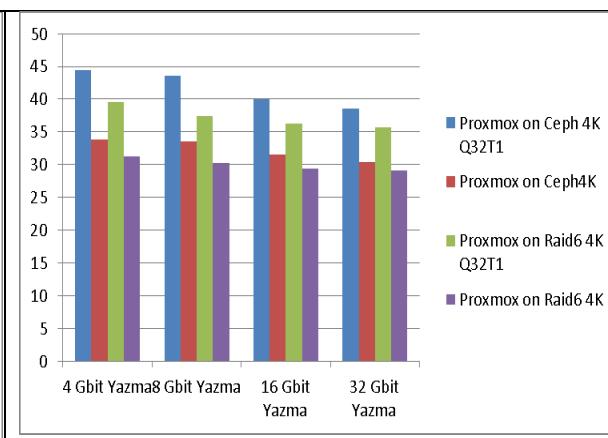
**Şekil 6. 4K Q32T1, 4K Okuma Hızı Grafiği**



**Şekil 7. 4K Q32T1, 4K Okuma Hızı Grafiği (Write Back)**



**Şekil 8. 4K Q32T1, 4K Yazma Hızı Grafiği**



**Şekil 9. 4K Q32T1, 4K Yazma Hızı Grafiği (Write Back)**

## SONUÇ



Yukarıdaki Şekil 2,Şekil 4,Şekil 6 ve Şekil 8 ‘ün değerlendirilmesi sonucunda Proxmox on Ceph Seq Q32T1, Seq: sıralı okuma ve yazma da performans değerlerinin Raid 6 yapılmış local disk kullanan Proxmox’tan daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. 4K,4K Q32T1 : rastgele yazma işlemlerinde Ceph daha iyi performans gösterirken aynı kriterlerde okuma işlemlerinde performansı çok düşük olduğu gözlemlendi.

Yukarıdaki Şekil 3,Şekil 5,Şekil 7 ve Şekil 9 ‘de write back özelliğinin aktif edilmesi ile diskteki Seq Q32T1, Seq, 4K, 4K Q32T1 okuma ve yazma değerlerinin tümünde belirgin bir artış gözlemlenmiştir. Özellikle 4K, 4K Q32T1 okuma ölçümlerinde Ceph performans değerleri düşük iken write back özelliği aktif edilerek bu değerlerin 20 kat arttığı tespit edilmiştir.

## ÖNERİLER

Günümüzde yüksek maliyetli veri depolama alanlarına yatırım yapmak yerine Open Source, ücretsiz Proxmox üzerinde gelen Ceph modülü kolayca devreye alınarak veri depolama alanı olarak kullanılabilir. Esnek ve kullanışlı web ara yüzü sayesinde kolayca kullanılabilir. Gaziantep Üniversitesi’ nde canlı ortamda bu yapılar kurularak hem container hem de VM ‘ ler kullanılmaktadır.

Proxmox üzerindeki VM’ lerin en iyi performansı için ‘best practices’ ler dikkate alınmalıdır. VM ‘lere disk eklenirken Windows işletim sistemlerinde disklerden daha iyi performans alabilmek için cache özelliğinin write back seçilmesi tavsiye edilmektedir. Yukardaki grafiklerdeki sonuçlarda bu yöndedir.

## KAYNAKLAR

Rodríguez-Haro, F., Freitag, F., Navarro, L., Hernández-sánchez, E., Fariás-Mendoza, N., Guerrero-Ibáñez, J. A., & González-Potes, A. (2012) A summary of virtualization techniques. *Procedia Technology*, 3

Singh, K. (2016). *Ceph Cookbook*. Packt Publishing Ltd.

Xavier, M. G., Neves, M. V., & De Rose, C. A. F. (2014, February). A performance comparison of container-based virtualization systems for mapreduce clusters. In *Parallel, Distributed and Network-Based Processing (PDP), 2014 22nd Euromicro International Conference on* (pp. 299-306). IEEE.

Wasim,Ahmed (2016) *Mastering Proxmox* . Packt Publishing Ltd.

[https://pve.proxmox.com/wiki/Roadmap#Proxmox\\_VE\\_2.3](https://pve.proxmox.com/wiki/Roadmap#Proxmox_VE_2.3) (erişim tarihi:10.09.2017)

[https://pve.proxmox.com/wiki/Manage\\_Ceph\\_Services\\_on\\_Proxmox\\_VE\\_Nodes](https://pve.proxmox.com/wiki/Manage_Ceph_Services_on_Proxmox_VE_Nodes) (erişim tarihi:10.09.2017)

<https://crystalmark.info/software/CrystalDiskMark/manual-en/MainWindow.html> (erişim tarihi:10.09.2017)



<http://ceph.com/geen-categorie/ceph-bobtail-performance-io-scheduler-comparison/>  
(erişim tarihi:10.09.2017)



## ENHANCEMENT OF FLAT PLATE SOLAR STORAGE COLLECTORS BY OPTIMIZATION OF DIAMETERS AND GEOMETRY IN IRAQ-BAGHDAD

Prof. Dr. Mehmet Sait SÖYLEMEZ

University of Gaziantep, Department of Mechanical Engineering

sait@gantep.edu.tr

Muthana Mraweh Khairi

University of Baghdad, College of Engineering

eng.muthana99@gmail.com

**Abstract:** Flat plate solar collectors are the heart of domestic solar water heating system, due to their permanent position, simple construction, low cost and require little maintenance. The main aim of this work is to evaluate numerically and experimentally the performance of flat plate solar storage collector and investigate the thermal enhancement by optimization of diameters and geometry. Three types of flat plate storage solar collectors were instrumented, designed manufactured and tested side by side for Iraq-Baghdad climate conditions with south facing at 45° tilt angle. These types of collectors were flat plate solar storage collector circular model (I), square model (II), and triangular model (III). The analysis of these collectors is based on the absorption of solar radiation, heat loss from the collector, temperature distribution of absorber and the working fluid. The collectors are simulated using Matlab program. A comparison between the computed and measured results of outlet and inlet water temperature showed a satisfactory agreement. Experimental results show that highest outlet temperatures were (54.4 °C, 52 °C and 43.6 °C) at solar noon in three models (circular (I), square (II) and triangular (III)) respectively. The Maximum values of efficiencies experimentally were (67.92%, 59.26% and 41.3%) in three models (circular (I), square (II) and triangular (III)) respectively.

**Keywords:** Flat plate, solar, storage collectors, optimization of diameters.

## INTRODUCTION

It is important for countries to obtain power from sources other than conventional fossil fuels. This is as a consequence of an increasing population, people becoming more aware of environmental constraints, and the rising cost of conventional fuels. Nuclear and renewable energy sources will have to provide an increasing percentage of total power capacity. Nuclear power is still reliant on limited sources of fuel, and has strong environmental and political implications, limitations by which renewable energy is generally unaffected. Therefore makes sense to consider renewable energy sources as a means of power generation. The enormous supply of renewable energy is in the form of solar energy (Zhao, et.al. 2011). Averages of solar radiation for Baghdad, capital of Iraq, reported by (NASA 2008), are shown in Table (1.1) and annual insolation contour map of Iraq have established that almost all of Iraq has the potential areas for establishing large-scale solar utilities. The annual average of energy received daily from the sun ranges between 4.5 – 5.4 kWh/m<sup>2</sup> in Iraq. Because of favorable climatic conditions and geographical location, in the most parts of Iraq receive very high solar insulation about 2000 kWh/m<sup>2</sup>/year. To reduce the fossil fuel consumption it is therefore necessary to go to the solar energy options. Therefore, there is the possible to convert a proportion of that solar energy into heat and electricity energy. The flat plate collector considered the



cheapest and simplest means of collecting solar energy system application that require thermal energy at low temperatures (< 100°C).

(Hasan 1997) simulated a thermo-syphon solar water heater SWH using the TRNSYS program. He checked the efficiency of heater by studying the hot water effect of storage tank volume and configuration. He showed that a horizontal and vertical storage tanks give similar efficiencies.

(Agbo 2006) developed the design parameters of a thermo-syphon solar water heater using MATLAB program. He simulated the effect of constant water withdrawal rate on the mean system temperature of the heater under Nsukka environmental condition. The results indicated that as the mass withdrawal rate increases, the mean storage tank water temperature decreases, depending on the time of the day.(Chiou1982) developed analytical model for determination of the deterioration of thermal performance of flat plate solar collector due to flow non uniformity in the risers. He found that the deterioration of the collector efficiency becomes quite significant if some tubes are completely plugged up. Also a relationship is found between the deterioration of the collector efficiency and flow non uniformity parameter.

(Shariah,et.al1999) studied the effect of thermal conductivity of the absorber plate of a solar collector on the execution of a thermo-syphon solar water heater by the use of the transient simulation system (TRNSYS) software. The system was assumed to supply hot water at 55°C and 88°C representing both domestic and industrial uses respectively. Hot water of volumes 50, 125, and 250 liter is wasted daily according to the Rand distribution profile. The results showed that characteristic factors of the collector (namely, heat removal factor, collector efficiency factor, and fin efficiency factor) and the annual solar fraction of the system have a so strong dependence on thermal conductivity of the absorber for its weak dependence and low values is observed a thermal conductivity value beyond a value of (100 W/m°C-50W/m°C) for the characteristic factors and for the solar fraction respectively. the increased in the characteristic factors by about 12% and 19% and the annual solar fraction by about 4% and 7% because of an aluminum one is used instead of steel absorber plate whereas, the characteristic factors and the solar fraction are improved only by 3% and 1%, when a copper plate is used instead of an aluminum one.

(Zerrouki,et.al.2002) presented an analysis of natural circulation of a compact thermo-syphon solar domestic hot water (SDHW) system produced and commercialized locally in Algeria. Calculations and measurements were performed on the mass flow rate, temperature rise of fluid and absorber temperatures inside the thermo-syphon of parallel tube design.

(Kundu and Lee, 2012) investigated analytically of both Fourier and non-Fourier heat conduction in the absorber plates of a flat-plate solar collector. The variables separation was employed to derive the temperature distribution. For the analysis, by solution of hyperbolic and parabolic equations used a repetitive heat transfer module.

Firstly used separately two kinds of boundary conditions. For determination the temperature to validate purposes according to the finite difference method was employed a numerical technique used. For understanding the requirements for use of the non-Fourier heat conduction model easily making a comparative investigation. A presumed difference in the temperatures obtained from the no Fourier & Fourier models was observed for lower values of the Fourier number and higher values of the Vernottee number, which is defined as:

$$V_e = \sqrt{\tau a / L_1}$$

$\tau$  = is thermal relaxation time



$\alpha$  = thermal diffusivity  
L1 = length of absorber

(kalogirou2013) investigated through modeling and simulation the effect of configuration parameters with optimize the execution of the natural circulation solar water heater. These parameters named number of the distance between the top of collector to the bottom side of the storage tank, risers, header diameter, and the collector slope. The better system is obtained for small header & riser pipe diameters. The optimum collector tilt angle is found to be equal to the latitude plus 10°, and the optimum distance between the top of collector and the bottom of the storage tank (- 15 cm).

(Abd-Alzahra and Joudi1983) investigated a forced circulation solar water heater to assess its performance under various operating conditions. The system consisted of two identical collectors of total absorber area of 3.45 m<sup>2</sup> and a storage tank of 200 liter capacity. Experiments were carried out during clear days with and without system loading for two water mass flow rates through the collector; namely 7.83l/min and 3.915l/min. The system was operated without thermostat control & with thermostat control at maximum & minimum settings. The collector efficiency improved with system loading. The improvement was better with increased hot water withdrawal from the system. They also investigated experimentally the thermosyphon solar water heater in 1984. The system consisted of a flat-plate collector of 1.5 m<sup>2</sup> absorber area with 21 tubes/m width and storage tank of 125 liters capacity. Experiments were carried out for both cloudy & clear weather conditions in winter & summer. They evaluated the hourly system performance for all test conditions. The final mean tank temperature was measured daily which enabled the calculation of the possible contribution of solar energy for domestic hot water supply in Basra, Iraq (latitude 30.76°N). They tested the system at both no-load and loading conditions. Intermittent & continuous load was imposed, and system performance was evaluated for each condition.

(Sekhar et.al2009) infer top loss coefficient of flat plate collector both theoretically & experimentally. Under the conditions of laboratory a test setup is fabricated and experiments conducted to study these aspects. The analysis of Theoretical & experimental is performed on a flat plate collector with a single glass cover. It could be accomplished that the emissivity of the absorber plate has a significant impact on the top loss coefficient and consequently on efficiency. By increasing ambient temperature the efficiency increased. Without presumed impact of tilt angle on the top loss coefficient.

(Hobbi and Siddiqui2009) investigated experimentally the impact of heat enhancement devices on the thermal performance of a flat-plate solar collector such as twisted strips, coil-spring wire & conical ridges. The comparison showed no ratable difference in the heat flux to the collector fluid for the different enhancement devices. An elaborate investigation of the observed trend showed significantly high values of Grashof, Richardson and Rayleigh numbers indicating that the heat transfer mode in the solar collector is of content convection type & free convection as the prevalent mode. They accomplished that due to the significant damping of shear-produced turbulence by buoyancy forces, the applied passive methods based on the enhancement of shear-produced turbulence are ineffectual in increasing heat transfer to the collector fluid in flat-plate solar collectors.

Many of literatures in the field of flat plate collector with and without optimization of diameters and geometry were done during the last few decades. Most of the review works studied flat plate collector without optimization of diameters and geometry and few of researchers investigate the effect of diameters optimization on flat plate solar collectors.



The juvenility of this work is to investigate the inserted three types of channels in flat plate solar collector. The contribution of the present work can be expressed as:

1. Using a new type of collector system by enhancement the diameters and geometry.
2. Investigate the wavy channels in this collector by using three type of channels for multi zones domain.
3. Developing the mathematical model of the adopted design with the appropriate boundary conditions and interface condition.
4. Specify the effect of utilizing this new type of collector on the thermal execution of solar water heating system for Iraq limit conditions.

### **Data Analysis of Experimental Measurements**

The following simplified steps were used to analyze the thermal characteristics of the solar collectors based on the experimental measurement.

#### **Flat plate solar collector model (I)**

The absorption energy could be calculated by the equation below (**Duffie and Beckman, 1980**):

$$Q_{ab} = F_t * I_t * A$$

Where,  $I$  is the total incident radiation. The effective transmittance-absorption factor ( $F_t$ ) is calculated from the following equation:

$$F_t = (\alpha_p \tau_g)_e * F_{sh} * F_d$$

Where;

$F_{sh}$  Shading coefficient.

$F_d$  Dust coefficient.

$(\alpha_p \tau_g)_e$  Is calculated as follows:

$$(\alpha_p \tau_g)_e = 1.02 * \alpha_p \tau_g$$

#### **Energy Loss Calculation**

Energy loss from solar collector is given by:

$$Q_{loss} = U_1 * A * (T_p - T_a)$$

Mean plate temperature ( $T_p$ ) is calculated as follows (**Duffie and Beckman, 1980**):

$$T_p = T_i + \frac{Q_u/A}{F_R U_1} (1 - F_R)$$

The heat removal factor ( $F_R$ ) is given as:

$$F_R = F'' F'$$

Where the collector flow factor  $F''$  and the collector efficiency factor  $F'$  are calculated as follows:

$$F'' = \frac{m_w c_p}{AU_1 F'} [1 - \exp(-\frac{AU_1 F'}{m_w c_p})]$$

$$F' = [1 + \frac{U_1}{h + (\frac{1}{F''} + \frac{1}{F_r}) - 1}]^{-1}$$

$$h_r = \frac{\frac{4 \sigma T_{mf}^3}{F'' + \frac{1}{F_r} - 1}}{c_p \tau_g}$$

Where the mean fluid temperature ( $T_{mf}$ ) is calculated from the following equation:

$$T_{mf} = \frac{T_p + T_g}{2}$$

$$h = Nu \frac{K}{D_h}$$

$$Ra = \frac{g B' \Delta T L^3}{\nu \alpha}$$



$$Nu = 1 + 1.44 \left[ 1 - \frac{1708 (\sin 1.8\beta)^{1.6}}{Ra \cos \beta} \right] \left[ 1 - \frac{1708}{Ra \cos \beta} \right]^+ + \left[ \left( \frac{Ra \cos \beta}{5830} \right)^{\frac{1}{3}} - 1 \right]^+$$

The collector overall heat transfer coefficient ( $U_l$ ) is the sum of top, bottom and edge loss coefficients:

$$U_l = U_t + U_b + U_e$$

The back loss coefficient is found from:

$$U_b = \frac{k_b}{x_b}$$

The edge loss coefficient based on the collector area is found as:

$$U_e = \frac{k_e}{x_e} * \frac{A_e}{A}$$

Where the edge area is the product of the perimeter of the collector by the collector thickness.

The top loss coefficient from the collector plate to the ambient for this single glass cover system is as follows:

$$U_t = \left[ \frac{1}{h_{c,p-g} + h_{r,p-g}} + \frac{1}{h_w + h_{r,g-a}} \right]^{-1}$$

The convective heat transfer coefficient ( $h$ ) is calculated based on wind speed ( $v$ ) (**Duffie and Beckman, 1980**):

$$h_w = 5.7 + 3.8v$$

The radiation heat transfer coefficient from the glass to the ambient ( $h_{r,g-a}$ ) is calculated as:

$$h_{r,g-a} = \epsilon_g \sigma (T_g + T_s)(T_g^2 + T_s^2)$$

Where ( $T_s$ ) is sky temperature (in this work ( $T_s$ ) is taken equal to ambient temperature).

The radiation heat transfer coefficient from the plate to the glass cover ( $h_{r,p-g}$ ) is calculated as:

$$h_{r,p-g} = \frac{\sigma (T_p + T_g)(T_p^2 + T_g^2)}{\frac{1}{\epsilon_p} + \frac{1}{\epsilon_g} - 1}$$

The convective heat transfer coefficient is calculated as:

$$h_{c,p-g} = \frac{Nu K}{D_h}$$

Where ( $D_h$ ) is the equivalent (hydraulic) diameter of the channel. In the case with circular cross section of the channel ( $D_h$ ) is given by (**ASHRAE SOLAR DESIGN MANUAL, 1980**):

$$D_h = d$$

Where  $d$  is diameter of the channel.

Nusselt number  $Nu$  is a function of Rayleigh number  $Ra$  which is given by (**Duffie and Beckman, 1980**):

$$Nu = 1 + 1.44 \left[ 1 - \frac{1708 (\sin 1.8\beta)^{1.6}}{Ra \cos \beta} \right] \left[ 1 - \frac{1708}{Ra \cos \beta} \right]^+ + \left[ \left( \frac{Ra \cos \beta}{5830} \right)^{\frac{1}{3}} - 1 \right]^+$$

"The (+) sign in equation indicates that only the positive value taken into account"

$$Ra = \frac{\epsilon g \beta (T_p - T_g) \xi^3}{\nu \alpha}$$

Where  $\xi$  is the space between the glass cover and the absorber plate. The properties of air are evaluated at the ambient ( $T_a$ ).

$$\left( \nu = \frac{\mu}{\rho} ; \alpha = \frac{K}{\rho c_p} \right)$$

The useful heat gain of the solar collector is calculated as follow:



$$Q_u = F_R A [S - U_i (T_i - T_a)]$$

Which is also can be calculated as:

$$Q_u = \dot{m}_w * c_p * (T_o - T_i)$$

Then the outlet temperature is:

$$T_o = T_i + Q_u / \dot{m}_w * c_p$$

### **Thermal Efficiency Calculation**

The efficiency of the flat-plate solar collector ( $\eta_c$ ) is define as the ratio of the rate of useful energy supplied by the collector ( $Q_u$ ) to the rate of incident solar energy in its area.

$$\eta_c = \frac{Q_u}{Q_i}$$

The incident solar energy on the solar collector area is found by multiplying the total solar intensity (which is found experimentally) by the collector area.  $Q_i = I_t A$

## **EXPERIMENTAL SETUP**

The outdoor test was conducted during the period May (2017) to July (2017) in Baghdad. The collector was south oriented at 45° (For Summer load, the tilt should be (latitude + 10) degrees and for year round use, the tilt = latitude, (Degirmencioglu, 2006)). The experiments were carried out from 8:00 AM to 16:00 PM for clear and cloudy days.

### **Experimental procedure**

Solar collector has been tested under different conditions (clear, partial cloudy and cloudy day) of Baghdad city, experiments conducted in months (May, June and July).

### **Flat Plate Solar Collector (the test rig)**

The flat plate solar collector used in the present work is designed to meet the regulations defined in ASHRAE Design Manual Sec3.3. Three types of flat plate solar collector have been designed and constructed namely:

1. Solar collector with channels circular cross section, (model I).
2. Solar collector with channels square cross section, (model II).
3. Solar collector with channels triangular cross section, (model III).

These collectors have been made locally. It is made from galvanize plate of dimensions (0.05\*0.57\*1.75 m) and a thickness of (0.9 mm). Used three types of channels (circular, square and triangular) in flat plate solar collector. The absorber is coated with black mat color. The solar collector was thermally insulated from all sides and bottom with glass wool insulation of (50 mm) thickness to reduce the heat losses. A glass cover (4mm) thickness and (1.75\*0.7m) dimensions applied at the surface of the solar collector. It was sealed to prevent leakage of water into the solar collector or heat air loss. The gap between the glass cover and the absorber plate was (100 mm). The solar collectors designed, manufactured, and tests

## **RESULTS AND DISCUSSION**



The results, which were obtained from experimental study of three types of flat plate solar collectors are compared among theirs and compared with numerical results.

**Solar Hot Water System:** Tests of the thermal performance of the flat plate solar collector integrated with the new designed (model (II) and model (III)) are carried out during clear sky days (15th, 16th, 17th, 22th, May, 7,15th June and 23th, 27th July 2017).

**Experimental Results:** The outdoor test was conducted during the period from May to July in Iraq-Baghdad. The collector was south oriented at 45° (For summer load, the tilt should be (latitude + 10) degrees and for year round use, the tilt = latitude, (Degirmencioglu, 2006)). The experiments were carried (from 9:00 am to 16:00 pm) in clear days

**Variation of the Intensity of Climate Data:** The data logging solar power meter (TES\_1333R) was used to measure solar radiation intensity. Figure (1) show the variation of measured the ambient temperature and solar radiation intensity with time on clear day (15th, 16th, 17th, 22th, May, 7,15th June and 23th, 27th July 2017). At midday the solar radiation intensity increased uniformly with time until reach to its peak value after that decreased uniformly towards sunset. The maximum value reached to (843 W/m<sup>2</sup>) on (15th May 2017) and the temperature of ambient was (33.4° C), (863 W/m<sup>2</sup>) on (16th May 2017) and the temperature of ambient was (35.6° C), (899 W/m<sup>2</sup>) on (17th May 2017) and the temperature of ambient was (34.5° C), (866 W/m<sup>2</sup>) on (22th May 2017) and the temperature of ambient was (43.7° C), (1014 W/m<sup>2</sup>) on (7 June 2017) and the temperature of ambient was (39.7° C), (1077 W/m<sup>2</sup>) on (15 June 2017) and the temperature of ambient was (38.1° C), (1010 W/m<sup>2</sup>) on (23 July 2017) and the temperature of ambient was (45.1° C), while it is (981 W/m<sup>2</sup>) on (27 July 2017) and temperature of ambient was (44.5° C).

**5.1.1.2 Status of Continuous Operation for the Solar Collector A thermosyphon flat plate solar collector** has been outdoor tested from (9:00 am to 16:00) for clear sky. The temperatures of water inlet, water outlet, absorber plate, glazing cover of the collector were measured at different locations and the ambient temperature. The useful heat gain, the storage energy, the efficiency of the collector and the energy of loss were calculated according to these measurements. Figure (2): Variation of experimental outlet temperature with solar radiation at solar noon for models (I), (II) and (III) during clear sky days(15th ,16th ,17th, 22 , May , 7,15th June and 23 , 27 July 2017). Figure (3) show the Variation of outlet & inlet water temperature with time for three model of collectors (circular (I), square (II) and triangular (III)) on (15th, 16th, 17th, 22th, May, 7,15th June and 23th, 27th July 2017).

These figure show that the maximum temperature of outlet water was (47.4 °C) in model (I), (45.8 °C) in model (II) and (39.54 °C) in model (III) on (15th May 2017), (48 °C) in model (I), (46° C) in model (II) and (38.7 °C) in model (III) on (16th May 2017), (48.54 °C) in model (I), (46.7 °C) in model (II) and (39.88 °C) in model (III) on (17th May 2017), (51.87°C) in model (I), (49.56 °C) in model (II) and (41.85 °C) in model (III) on (22th May 2017) , (54 °C) in model (I), (51.8 °C) in model (II) and (43.7° C) in model (III) on (7 June 2017), (54.4 °C) in model (I), (52 °C) in model (II) and (43.5 °C) in model (III) on (15 June 2017) , (54 °C) in model (I), (51.3 °C) in model (II) and (42.2 °C) in model (III) on (23 July 2017) , (53.46 °C) in model (I), (50.8 °C) in model (II) and (42 °C) in model (III) on (27 July 2017) experimentally. The solar collector model (III) produced the maximum temperature difference between inlet and water which was (27.08°C) on (23 July 2017).

**Collector Efficiency** Figure (4) shows the Variation of experimental efficiency with solar radiation at solar noon for three models (circular (I), square (II) and triangular (III)) during clear sky days (15th, 16th, 17th, 22th, May, 7,15th June and 23th, 27th July 2017).

These Figure (5) show the Variation of efficiency with time for three model of collectors (circular (I), square (II) and triangular (III)) during clear sky days (15th, 16th, 17th, 22th, May, 7,15th June and 23th, 27th July 2017). The Maximum values of efficiencies experimentally were (67.92%, 59.26% and 41.3%) in three models (circular (I), square (II) and triangular (III)) respectively on (23th July 2017). The collector efficiency depends on mass flow rate of the circulated water by thermos-syphone and solar radiation subjected on the absorber. Figure (6) shows the Variation of experimental useful energy with solar radiation at solar noon for three models (circular (I), square (II) and triangular (III)) during clear sky days (15th, 16th, 17th, 22th, May, 7,15th June and 23th, 27th July 2017).

These Figure (7) show the Variation of useful energy with time for three model of collectors (circular (I), square (II) and triangular (III)) during clear sky days (15th, 16th, 17th, 22th, May, 7,15th June and 23th, 27th July 2017). The Maximum values of useful energies experimentally were (567.476 KJ/s, 509.6488 KJ/s and 334.675 KJ/s) in three models (circular (I), square (II) and triangular (III)) respectively on (23th July 2017).

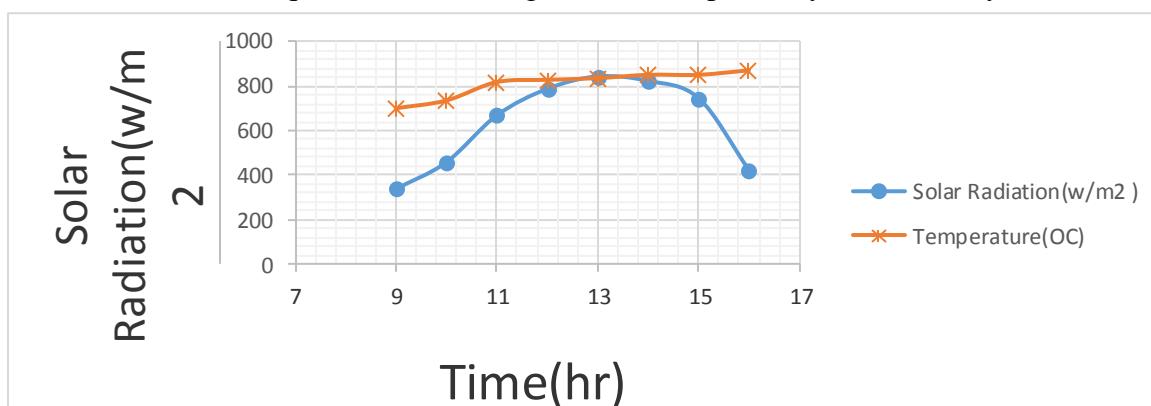


Figure (1): Variation of experimental values of ambient temperature and solar radiation with time (15 May2017).

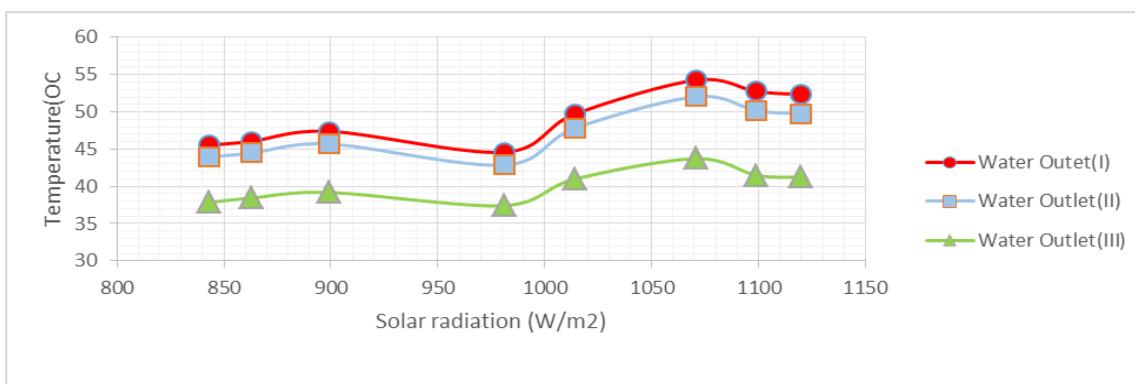


Figure (2): Variation of experimental outlet temperature with solar radiation at solar noon for models (I), (II) and (III) during clear sky days (15th, 16th, 17th, 22, May, 7,15th June and 23, 27 July 2017).

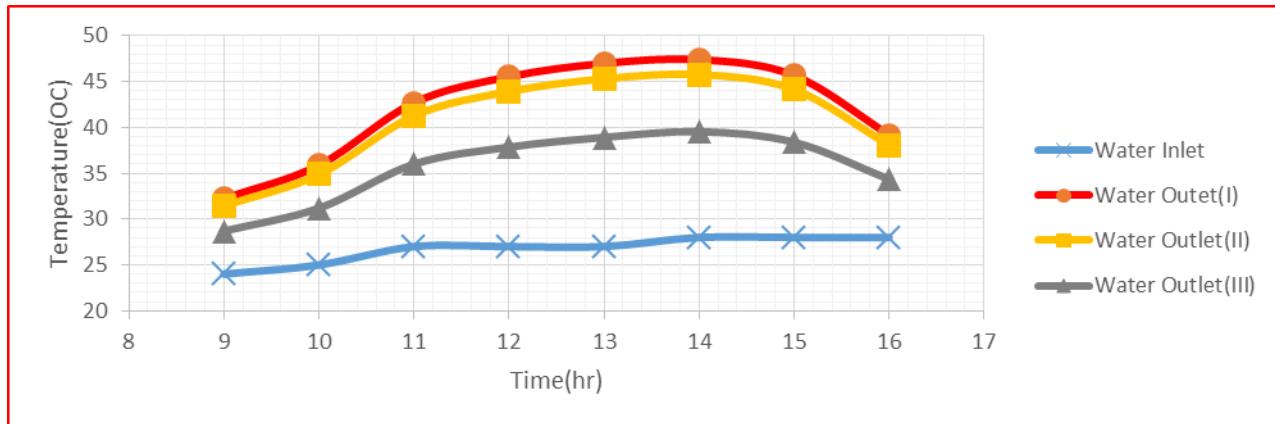


Figure (3): Variation of outlet & inlet temperature with time for three model of collectors (I), (II) and (III) (15 May 2017).

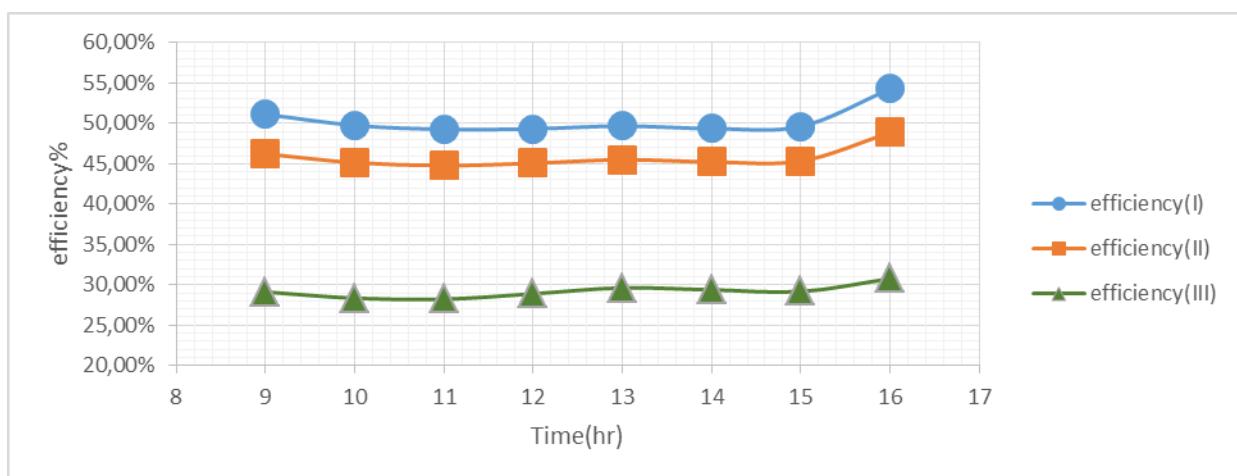


Figure (4): Variation of efficiency with time for three model of collectors (I), (II) and (III) (15 May 2017).

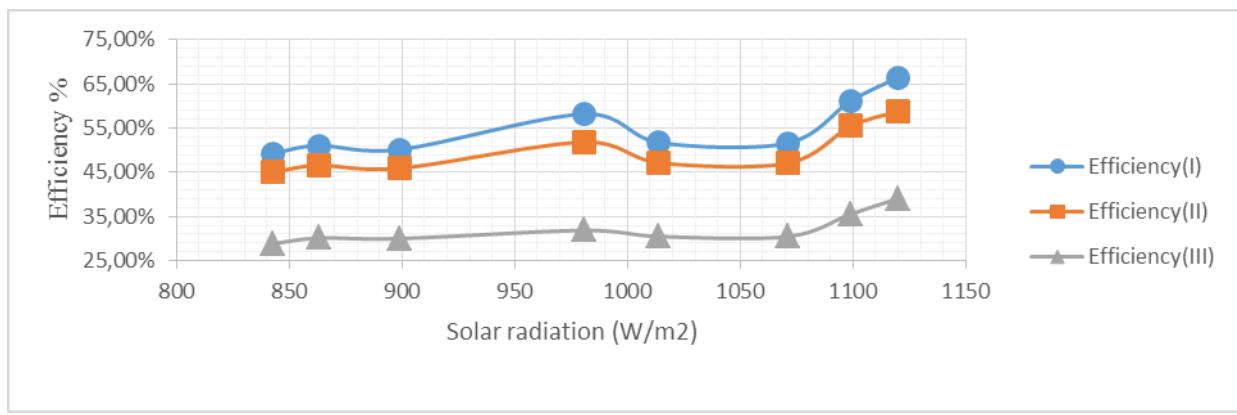


Figure (5): Variation of experimental efficiency with solar radiation at solar noon for models (I), (II) and (III) during clear sky days (15th, 16th, 17th, 22, May, 7, 15th June and 23, 27 July 2017).

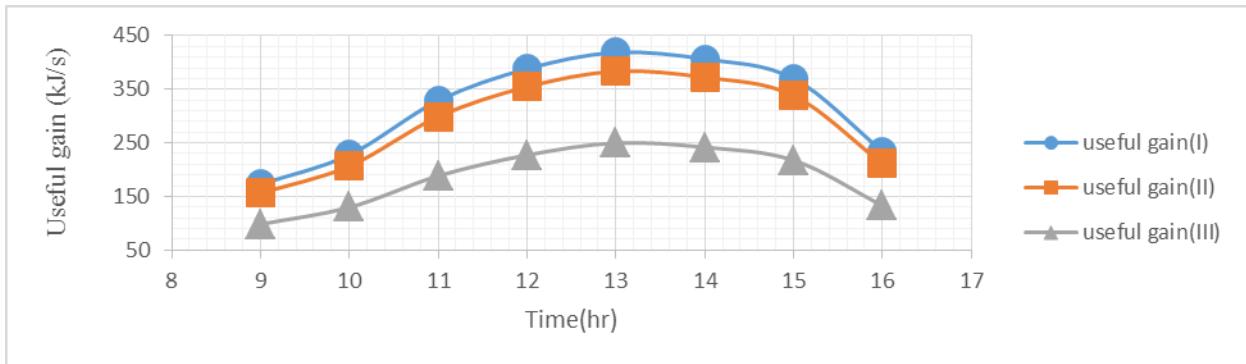


Figure (6): Variation of useful gain with time for three model of collectors (I), (II) and (III) (15 May 2017).

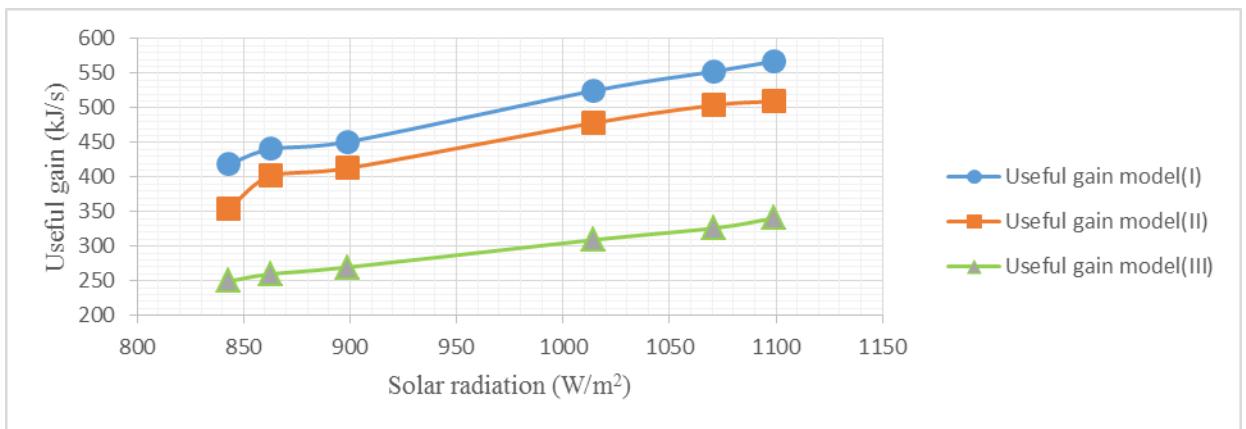


Figure (7): Variation of experimental useful energy with solar radiation at solar noon for three models (I), (II) and (III) during clear sky days (15th , 16th and 17th May, 7 and 15th June and 22 July 2017).

## CONCLUSION

The following conclusions can be drawn from the present work:

- 1- This investigation on three geometries(circular (I), square (II) and triangular (III)) of flat plate solar collector gave us hence to select which design it is optimum so the circular model(I) which placed into the flat plate solar collector had a positive effect on efficiency of collector.
- 2- In the solar collector the variation of water temperature difference with time between outlet and inlet was higher in model (I) and (II) than (III).
- 3- The solar collector efficiency increases with circular channels (41.3%) to (59.26%) to (67.92%) between model (III), model (II) and model (I) respectively which composed of geometry channels.
- 4- The efficiency increased when decreasing of the mass flow rate value numerically by Matlab program.
- 5- This enhancement must give us an experimental fact of the possibility to use flat plate solar storage collector in Iraq-Baghdad to heat water for many application.
- 6- Flat-plate solar storage collector make important contributions to the energy supplies in IRAQ, because there is plenty of space and sunlight available there. It is very important for the future, because our resources are limited, except our sun.



## Recommendations for Future Work

- 1- Studying other geometries of solar water heater like a double-pass solar collector to obtain a high outlet temperature and to minimize the heat losses.
- 2- Studying effect of inserting porous media inside the channels and the impact of these materials on the performance of solar collector.
- 3- Studying the performance of solar water collector using an auxiliary power source in the case of lack of incident solar energy because of the clouds or the absence of the sun.

## REFERENCES

- Abd-Alzahra, H.A.A. and Joudi, K.A. , " An Experimental Investigation Into The Performance Of A Domestic Thermosyphon solar water Heater Under Varying Operating Conditions" Energy convers, Mgmt vol. 24 , No. 3 , P.p 205 - 214 , 1984.
- Agbo S.N., "Effect of Hot Water Withdrawal Rate on the Mean System Temperature of a Thermosyphon Solar Water Heater", the pacific journal of Science and Technology, Vol.7, No.2, pp.199 - 203, 2006.
- ASHRAE handbook of Collector Subsystem Design (L/D) (1980).
- Camidi V.V., Mahajan R.L., (1999), " The effective thermal conductivity of high porosity metal foams" , ASME J. Heat Transfer (2), pp.466-471.
- Chen C.C., Huang P.C., "Numerical study of heat transfer enhancement for a novel flat plate solar water collector using metal foam blocks", (2012).
- Chen W. and Liu W., "Numerical analysis of heat transfer in a composite wall solar collector system with a porous absorber", Applied energy (2004) 78, 137-149.
- Chiou J.P. "The effect of no uniform fluid flow distribution on the thermal performance of solar collector", Solar energy (1982) 29 (6), 487-502.
- Floyd, D., 2001, Fluid Properties of Open Cell Sintered Iron Based Porous Metal Structures, Experimental Results and Discussion, Porvair Fuel Cell Technical Report.
- Degirmencioglu, C., The use of open cell polyurethane foams in air-type solar collectors as the heat absorbing element. M.Sc. Thesis, the Graduate School of Engineering and Sciences of Izmir Institute of Technology, (2006).
- Duffie, J.A. and Beckman, W.A., Solar Engineering and Thermal Process, John Wiley and Sons, New York, (1980).
- Fluent version 6.2.16 user manual .
- Hasab M. A., Sorour M. M., "An optimum performance of flat type solar air headed with porous absorber", Int. J. of energy research, (1987), V.11, 479-489.
- Hasan A. "Thermosyphon Solar Water Heaters Effect Of Storage Tank Volume And Configuration On Efficiency" , Energy Convers. Mgmt Vol. 38. No. 9. pp. 847-854, 1997.
- Hassan,M., Framework for evaluation of active solar collection system.Ph.D. Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, (2003).
- Hobbi A. , Siddiqui K. , "Experimental study on the effect of heat transfer enhancement devices in flat-plate solar collectors" , International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 52 , pp. 4650–4658, 2009.
- Huang J., Pu Sh., Gao W., Que y., "Experimental Investigation on Thermal Performance of Thermosyphon Flat-Plate Solar Water Heater with a Mantle Heat Exchanger", Vol. 35, p.p(3563-3568), 2010.
- Hunt M.L., Tien C.L., (1988), " Effects of thermal dispersion on forced convection in fibrous media" , Int. S. Heat Mass Transfer 31, pp.301-308.



- Jaisankar S., Radhakrishnan T.K., Sheeba K.N., "Experimental studies on heat transfer and friction factor characteristics of thermosyphon solar water heater system fitted with spacer at the trailing edge of twisted tapes" , Applied Thermal Engineering, Vol. 29, pp.1224–1231, 2009.
- Jones, G.,ECOShift Environmental Blog, <http://www.ecoshift.ca/>, November (2006).
- Kalogirou S. A. " Flat plate collector construction and system configuration to optimize the thermosyphonic effect ", Renewable Energy (2013), 1-5 (in press).
- Kundu and Lee, "Performance and optimum design analysis of an absorber plate fin using recto-trapezoidal profile" Solar Energy 82 (2012) 22–32 Department of Mechanical Engineering, Jadavpur University, Kolkata 700 032, India.
- Lu, T.J., Stone, H.A. and Ashby, M.F., 1998, "Heat Transfer in Open Cell Metal Foams", Acta Metallurgica Inc. Vol. 46, No. 10, pp. 3619-3635.
- NASA "Surface Meteorology and Solar Energy –Available Table"  
Atmospheric Science Data Center, 2008.
- Nield D. A. and Bejan A., "Convection in Porous Media", Springer-Verlag, New York, 1999.
- Nihad, Dukhan, C. 2007., "Heat transfer measurement in metal foam subjected to constant heat flux" Experimental Thermal and Fluid Sciences, vol. 32, pp. 624-631.
- Shariah A.M. , Rousan A., Rousan Kh.K. , Ahmad A.A. , "Effect of Thermal Conductivity of Absorber Plate on the Performance of a Solar Water Heater" , Applied Thermal Engineering Vol. 19 , pp. 733 – 741 , 1999.
- Sutthivirode K., Namprakai P., Roonprasang N., "A new version of a solar water heating system coupled with a solar water pump", Applied Energy , Vol. 86 , pp.1423–1430, 2009.
- S.J. Collie, M. Gerritsen and P. Jackson, 2001, A Review of Turbulence Modelling for use in Sail Flow Analysis, Department of Engineering Science University of Auckland Private Bag 92019 Auckland New Zealand.
- Tang R., Cheng Y., Wu M., Li Z., Yamei Yu , "Experimental and modeling studies on thermosyphon domestic solar water heaters with flat-plate collectors at clear nights" , Energy Conversion and Management Vol51, pp.2548–2556 , 2010 .
- Yousef, "Performance analysis for flat plate collector with and without porous media " Alternative and Renewable Energy Laboratory, Institute of Advanced Technology, Universiti Putra Malaysia, Serdang, Malaysia 2008.
- Y. Raja Sekhar, K. V. Sharma and M. Basaveswara Rao," Evaluation of heat loss coefficients in solar flat plate collectors ", Kukatpally, Hyderabad, India 2Department of Mechanical Engineering, VOL. 4, NO. 5, JULY 2009.
- Zhao, D.L., Li Y., Dai, Y.J. and Wang, R.Z., Optimal study of a solar air heating system with pebble bed energy storage. Journal of Energy Conversion and Management; 52(6): 2392-2400, (2011).



## IMAGE PROCESSING FOR CLASSIFICATION OF EGGS

Murat KARAKOYUN  
Necmettin Erbakan University  
mkarakoyun@konya.edu.tr

Halil İbrahim AYAZ  
Necmettin Erbakan University  
hiayaz@konya.edu.tr

Vahit TONGUR  
Necmettin Erbakan University  
vtongur@konya.edu.tr

Elif UYAR  
Necmettin Erbakan University  
uyarelif@gmail.com

**ABSTRACT:** Food industry is the most important part of our lives. There are lots of researches and studies are presented in last three decades. According to statistics, human population increasing exponentially so traditional methods, which used in the food industry, are not meet to necessities no longer. Especially, high consumed products should processed rapidly. Classification of products is an important problem in food industry such as, features, sizes, colors of the products. One of the important classification process is performed in egg industry. Eggs are packaged and sold to their sizes. However, conventional methods are inadequate for classification of eggs due to high production rate. Therefore, classification of eggs are performed quickly as possible. In recent years, some processes are conducted by computer aided methods. Image processing can be given as a good example to this types methods. Image processing can be used to classify sizes, colors and relevant features. In this study, image processing methods are used to find volume of eggs in reasonable time. At the end of this study, experimental result are compared with real values. Obtained results show that this method reached 95% accuracy rate.

**Key words:** Image Processing, Volume of Eggs



## ANT COLONY OPTIMIZATION TO SOLVE TWO-DIMENSIONAL CUTTING PLANE PROBLEMS

Murat KARAKOYUN  
Necmettin Erbakan University  
mkarakoyun@konya.edu.tr

Vahit TONGUR  
Necmettin Erbakan University  
vtongur@konya.edu.tr

Halil İbrahim AYAZ  
Necmettin Erbakan University  
hiayaz@konya.edu.tr

Ömer Faruk TAŞKIN  
Necmettin Erbakan University

**ABSTRACT:** Two-dimensional cutting plane problems, which can be seen various industries, are an optimization problem. Cutting plane problems are a common case in glass, leather and textile industries. However, cutting plane algorithms are limited by mathematical models. Deterministic approaches don't provide optimal solutions in reasonable computational time. In this case, metaheuristic approaches, which used to reach an approximate solution for big problems, provide optimal or approximate solutions in a reasonable computational time. One of the frequently used metaheuristic approach is Ant Colony Optimization (ACO). ACO is inspired by the behavior of real ants and can be considered as a good example of swarm intelligent systems. In this study, ACO is used to solve two-dimensional cutting rectangular plane problems. In this way, a new approach is presented for two-dimensional cutting plane problems with ACO. A method is proposed in order to solve the problem and this method is run 30 times. At the end of the study, obtained 30 results are compared. As a result, ACO provides minimum wastes and give feasible solutions in reasonable time for two-dimensional cutting plane problems.

**Key words:** Ant Colony Optimization (ACO), Two-Dimensional Cutting Plane Problems



## BIOACCUMULATOR OF COPPER IN PLANTS GROWN NATURALLY AROUND AND IN DELICE-TERZILI (YOZGAT- YERKOY), TURKEY

Güllü KIRAT

Bozok University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Geological Engineering, 66200, Yozgat, Turkey  
[gullu.kirat@bozok.edu.tr](mailto:gullu.kirat@bozok.edu.tr)

İsmail AKDENİZ

Bozok University, Faculty of Arts and Sciences Department of Chemistry, 66200, Yozgat, Turkey  
[ismail.akdeniz@bozok.edu.tr](mailto:ismail.akdeniz@bozok.edu.tr)

Nasuh AYDIN

Balikesir University, Faculty of Architecture and Engineering, Department of Geological Engineering, 10145, Balikesir, Turkey  
[nasuhaydin@hotmail.com.tr](mailto:nasuhaydin@hotmail.com.tr)

**ABSTRACT:** The study area is located in the Central Anatolian Crystalline Complex and in the Kırşehir İ32-b3 section. This area is called Cankırı Basin and is located within Bayat Formation (Upper-Middle Eocene). Basaltic and andesitic lavas are widely observed in the volcanics of Bayat Formation.

*Euphorbia cyparissias* (10 samples), *Verbascum euphraticum L.* (12 samples), *Astragalus pycnocephalus Fischer* (16 samples) and *Anthemis montana* (10 samples) plants grown and related soil samples in the study area were collected and element analysis (Cu, Ag, Co, Mn, Ni, Pb, U, V and Zn) was analyzed in BILTEM by ICP-MS.

When the obtained analysis results are evaluated statistically, the Cu element values in the soil are higher than the root and branch values of the plants. The Cu element values in the branches of *V. euphraticum* and *A. pycnocephalus* plants are higher than the Cu element values at the root of these plants. The Cu element concentrations at the root of *A. Montana* plant are higher than the Cu element concentrations in the branch of these plant. The average Cu element concentrations in soil, root and branch, respectively (mg/kg), for *E. cyparissias* plant 313.6, 70.4 and 123.3, for *V. euphraticum* plant 297.9, 115.9 and 263.9, for plant *A. Pycnocephalus*; 226.4, 189.2 and 89.5, and for *A. Montana* plant; 183, 115.3 and 142.2. The bioaccumulation coefficient (BAC) values of *V. euphraticum* plant were found at BAC(root/soil): VE5 at location and BAC(branch/soil): VE9-VE12 at locations and *A. pycnocephalus* plant were found BAC(root/soil): AP1, AP4, AP6, AP9, AP10, AP13 and AP14 at locations. Since Cu values are between 1.2-1.9 at these locations, it can be considered as intermediate accumulator plants.

The fact that the TF value is greater than 1 at all the locations where the *E. cyparissias*, *V. euphraticum* and *A. Montana* plants are received indicates that Cu is transported to the branches from the roots.

**Key words:** accumulator plant, bioaccumulation coefficient, soil, Red-bed



## DELİCE-TERZİLİ VE ÇEVRESİNDE DOĞAL OLARAK YETİŞEN BİTKİLERDE BAKIR BIYOAKÜMÜLATÖRÜ

**ÖZET:** Çalışma alanı, Orta Anadolu Kristalin Kompleksi içinde ve Kırşehir İ32-b3 paftasında yer almaktadır. Çankırı Havzası olarak adlandırılan bu alan, Bayat Formasyonu (Üst-Orta Eosen) içinde yer almaktadır. Bayat Formasyonu'nu oluşturan volkanikler içinde bazaltik ve andezitik lavlar yaygın olarak gözlenmektedir. Çalışma alanında yetişen *Euphorbia cyparissias* (10 örnek), *Verbascum euphraticum L.* (12 örnek), *Astragalus pycnocephalus Fischer* (16 örnek), ve *Anthemis montana* (10 örnek) bitkileri ve ilişkili toprak örnekleri toplanarak, element (Cu, Ag, Co, Mn, Ni, Pb, U, V ve Zn) analizi ICP-MS ile BİLTEM'de yapılmıştır. Elde edilen analiz sonuçları istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, topraktaki Cu element konsantrasyonları i, bitkilerin kök ve dalındaki Cu konsantrasyonundan yüksektir. *E. cyparissias*, *V. euphraticum* ve *A. pycnocephalus* bitkilerinin dalındaki Cu element konsantrasyonları, bu bitkilerin kökündeki Cu element konsantrasyonlarından yüksektir. *A. montana* bitkisinin kökündeki Cu element konsantrasyonları, bu bitkinin dalındaki Cu element konsantrasyonlarından yüksektir. Toprak, kök ve daldaki ortalama Cu değerleri sırasıyla (mg/kg), *E. Cyparissias* bitkisi için; 313.6, 70.4 ve 123.3, *V. euphraticum* bitkisi için; 297.9, 115.9 ve 263.9, *A. Pycnocephalus* bitkisi için; 226.4, 189.2 ve 89.5, ve *A. Montana* bitkisi için; 183, 115.3 ve 142.2. *V. euphraticum* bitkisinin biyoakümülatyon katsayısı (BAC) değerleri, BAC(kök/toprak): VE5 lokasyonunda ve BAC(dal/toprak): VE9-VE12 lokasyonlarında; *A. pycnocephalus* bitkisinin BAC(kök/toprak): AP1, AP4, AP6, AP9, AP10, AP13 ve AP14 lokasyonlarında Cu değerleri 1.2-1.9 arasında bulunduğu orta derecede akümülatör bitkiler olarak değerlendirilebilir. *E. cyparissias*, *V. euphraticum* ve *A. Montana* bitkilerinin alındığı tüm lokasyonlarda TF değerinin 1'den büyük olması, köklerden dallara doğru Cu'ın taşıdığını belirtmektedir.

**Anahtar sözcükler:** akümülatör bitki, biyoakümülatyon katsayısı, toprak, Red-bed

### GİRİŞ

Red Bed tipi Cu yatakları, tipik olarak kırmızı, kahverengi, mor kumtaşları, çamurtaşları ve şeyl tabakaları içerisinde karasal ve denizel ortamlarda oluşmuşlardır. Cevherli tabaka mercekler şeklinde olup, kalınlıkları birkaç mm ile birkaç metre arasında değişebilmektedir (Haynes, 1986). Bu yatakların yan kayaçlarının kırmızı rengi, cimento içindeki hematit ve limonitten kaynaklanmaktadır. Cevherli bantların renginin yeşil veya yeşilimsi gri olması ise, redükleşici ortamdan kaynaklanmaktadır (Aral, 1990a).

Başlıca mineraller, nabit Cu, pirit ve kalkozinin yanında az miktarlarda kalkopirit, bornit, malakit, azurit, kovelin, nabit gümüş ve uraninit bulunur. Gang mineralleri ise, kuvars, klorit, illit, feldspar, demir oksit mineralleri, anhidrit, jips ve barittir (Aral, 1990a)

Ağır metallerin topraklarda birikmesi son derece tehlikelidir. Çünkü toprak, kimyasal elementlerin doğal çevriminde önemli bir bağlantı oluşturur. Aynı zamanda toprak, bitki - hayvan - insandan oluşan zincirin birincil bileşenidir (Wyszkowska vd. 2013).

Cu, bitkiler ve tüm canlı organizmalar için gerekli bir metaldir. Bu metalin çoklu oksidasyon durumundan dolayı birçok fizyolojik süreçte katılır ve bu süreçte Cu, Cu<sup>2+</sup> ve



Cu<sup>+</sup> olarak kimyasal formlarında bulunur. Otsu bitki dokularındaki Cu konsantrasyonu, bitki türleri, bitkinin gelişme evresi, elementlerin özellikleri, metallerin absorpsiyonu (Nouri vd., 2009) ve toprağın kimyasal özellikleri gibi çevresel faktörlere bağlı olarak değişir. Bitki dokularındaki Cu konsantrasyonunun 1-5 µg/g (kuru ağırlık) arasında olduğu ve yapraklardaki Cu'in ortalama bileşiminin 10 µg/g (kuru ağırlık) olduğu, ancak bu konsantrasyonların bitki türleri ve çeşitleri arasında değişimendiği belirtilmiştir (Yruela, 2005). Cu, toprakta 2-250 mg/kg aralığında bulunur ve ortalama konsantrasyonu 30 mg/kg'dır (Adam vd., 2009).

Bu çalışmanın amacı, Red-bed tipi Cu cevherleşmeleri ve çevresinde doğal olarak yetişen *E. Cyprissias*, *V. Euphraticum*, *A. Pycnocephalus* ve *A. Montana* bitkilerinde Cu'in bioakümülator özelliğini araştırmaktır. Ayrıca, toprak ve bitki arasındaki ilişki incelenerek, topraktaki Cu'in bitki organlarındaki konsantrasyonlarını belirlemektir.

## MATERİYAL VE METOD

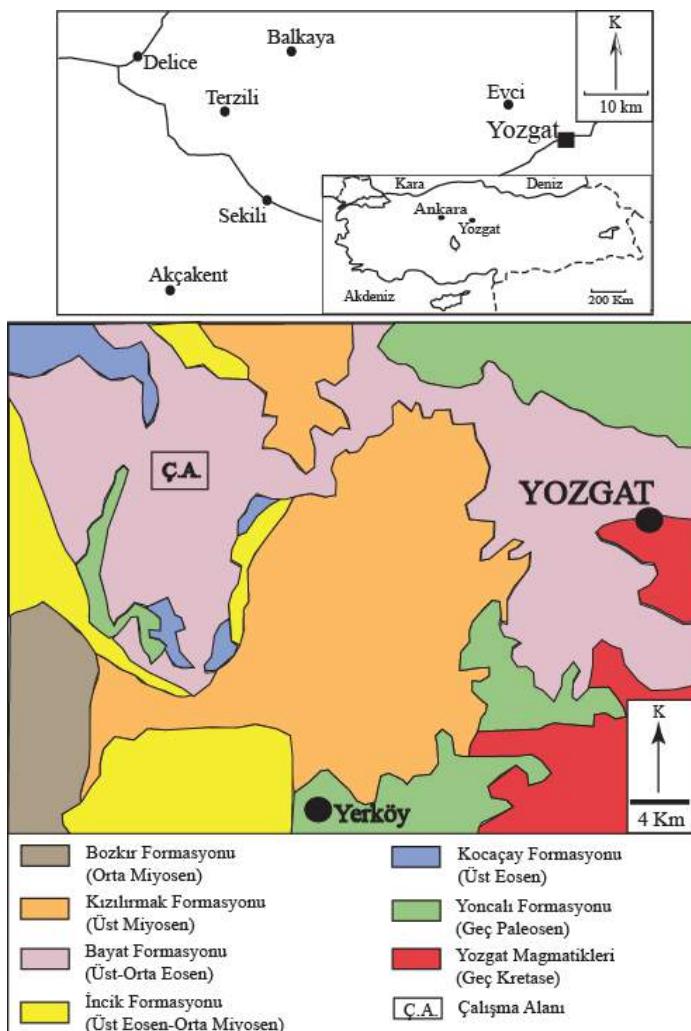
### Çalışma alanı ve cevherleşme

Çalışma alanı, İç Anadolu Bölgesi'nde Yozgat İli Yerköy İlçesi sınırları içerisinde yer almaktadır (Şekil 1). Deniz etkisine kapalı olduğu için, yazlar sıcak ve kurak; kışlar soğuk ve yağışlı geçer. Yaz ile kış, gece ile gündüz arasındaki sıcaklık farkları yüksektir.

Orta Anadolu Kristalin Kompleksi içinde yer alan Çankırı Havzası (Erdoğan vd., 1996), Sakarya Kıtası ile güneyde Kırşehir Bloğu arasındaki çarışma sonucunda kalıntı havzası olarak gelişmiştir. İnceleme alanını da içine alan geniş bir bölgede Eosen yaşlı çeşitli volkanik kayaçlar yüzeylemektedir. Ayrıca fosil verilerine göre, Orta Eosen yaşlı kırtıltı kireç taşlara da rastlanmıştır. Çalışma alanı içindeki kayaçların oluşumları ve ortamları hakkında bugüne kadar çeşitli jeolojik çalışmalar yapılmıştır (Ketin, 1955; Birgili vd., 1975; Erdoğan vd. 1996; Alpaslan ve Temel, 2000; Ateş, 2002).

Çalışma alanı, Çankırı Havzasındaki Bayat volkanikleri içinde yer almaktadır (Şekil 1). Alpaslan ve Temel (2000) ise, bu volkanikleri, Yozgat volkanikleri olarak tanımlamışlardır ve volkaniklerin bazalt, bazaltik-andezit, andezit ve dasit bileşimli, kalın lav akıntıları ve onların piroklastik türevleri olduğunu belirtmişlerdir. Ateş vd. (2002), Çorum'un güneyinde yer alan volkanitleri, Bayat Volkanikleri olarak tanımlamışlardır. Bayat Volkaniklerinin andezitik - bazaltik karakterdeki lavalardan meydana geldiğini ve birimin Orta Eosen yaşında olduğunu belirtmişlerdir (Aral, 1990b)

Red-bed tipi Cu yataklarının oluşumu hakkında sinjenetik, diyajenetik ve epijenetik olmak üzere üç farklı görüş bulunmaktadır. Sinjenetik görüş, cevher mineraleri içerisinde bulundukları sedimanlar ile eş zamanlı çökeldiğini desteklemektedir (Dunham, 1964; Haranczyl, 1970; Garlick, 1974). Diyajenetik görüş, önceden çökelmiş malzeme ile bu malzemenin arasını dolduran eriyik, akışkan ve gazların reaksiyona girmesi sonucunda cevher mineralerinin çökeldiğini desteklemektedir. Epijenetik görüş, cevherleşmenin çökelmeden sonra diyajeneze bağlı olarak meydana geldiğini desteklemektedir (Aral, 1990a)



Şekil 1. Çalışma alanının jeoloji ve yerbelduru haritası (Erdoğan vd. 1996'dan alınmıştır)

### Bitki ve Toprak Örnekleri

Çalışma alanında yetişen *Euphorbia cyparissias* (10 örnek), *Verbascum euphraticum L.* (12 örnek), *Astragalus pycnocephalus Fischer* (16 örnek), ve *Anthemis montana* (10 örnek) bitkileri ve ilişkili toprak örnekleri toplanmıştır (Şekil 2). Alınan örnek koordinatları GPS ile belirlenmiştir. Alınan bitki ve toprak örnekleri plastik torbalara konularak numaralandırılmış ve laboratuvara getirilmiştir.

Laboratuvara getirilen bitki örnekleri, önce musluk suyu ile sonra ultrasaf su ile yılanarak oda sıcaklığında kurutulmuştur. Kurutma işleminden sonra bitki örnekleri kök ve dallarına ayrılmıştır. Sırılsı porselen kaplarda kül fırınında 50 °C'den başlayarak saatte 50 °C sıcaklığı artırarak 550 °C'ye kadar bitki örnekleri ısıtılarak kül haline getirilmiştir. Elde edilen kül örnekleri kimyasal analizlerde kullanılmıştır.

Toprak örnekleri -80 mesh tane boyutunda elenerek plastik torbalara konulmuştur. Torbaların üzerine örnek numaraları yazılarak analize hazır hale getirilmiştir.

Daha sonra elde edilen kül ve toprak örneklerinin element analizleri, Inductively Coupled Plasma Mass Spectrophotometer (ICP-MS) ile Bozok Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (BILTEM), Yozgat, Türkiye'de yapılmıştır. Tayin



limitleri ( $\mu\text{g/kg}$ ); Ag: 1.0252, Co: 0.0332, Cu : 0.0149, Mn: 0.2822, Ni: 0.0106, Pb: 0.0136, U: 0.0008, V: 0.1107, Zn: 0.6098.

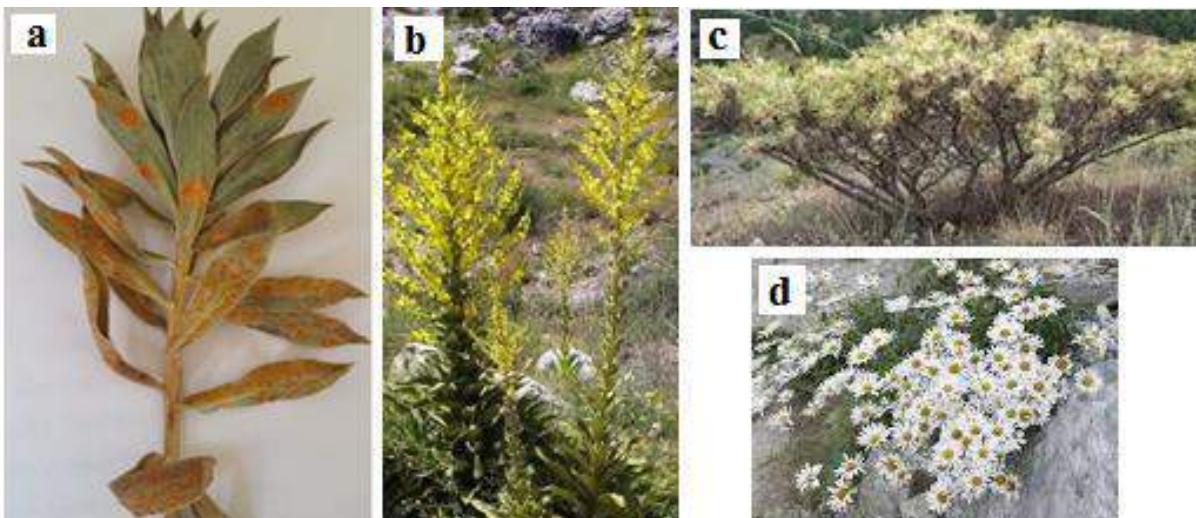
Delice-Terzili Cu yataklarından alınan *Euphorbia cyparissias*, *Verbascum euphraticum L.*, *Astragalus pycnocephalus Fischer*, ve *Anthemis montana* bitkileri çalışma alanında yaygın bir şekilde doğal olarak yetişmektedir (Şekil 2).

*Euphorbia cyparissias* (yerel ismi: sütleğen), Euphorbiaceae familyasından olup, süt gibi beyaz ve zehirli bir özsuyu taşıyan, bir veya çok yıllık, otsu veya odunsu bir bitkidir. Mayıs ve Eylül ayları arasında çiçek açar. Toprakta kendiliğinden yetişen bu bitki, üzerinde sarı çiçekleri olan ve yeşil renkli bir gövdeye sahiptir. Ülkemizde yaklaşık 60 çeşidi vardır. Bu bitkinin yettiği iller; Ankara, Bayburt, Afyonkarahisar, Çorum, Kayseri, Yozgat, Ağrı, Bitlis, Erzincan, Erzurum, Gümüşhane, Denizli. Türkiye dışında Suriye, İran, Irak ve Ermenistan'da yetişmektedir.

*Verbascum euphraticum L.* (yerel ismi: sığır kuyruğu), Scrophulariaceae familyasından olup, 2 - 3 metreye kadar uzayabilen iki yıllık dayanıklı otsu bitkidir. Sarımsı renkli ve yuvarlak kesitli, ince tüylerle kaplı, dayanıklı dik gövdesi ve bitkinin birinci yılında, tabanında rozet şekli oluşturan, ikinci yılında gövdesinden uzayan iri yaprakları vardır. Sığır kuyruğu, birinci yılını çiçeksiz geçirir. İkinci yılının yaz ortasından başlayarak, sonbahara kadar, gövdemin ucunda başaklar oluşturan parlak sarı renkli çiçekler açar. Bu çiçekler olgunlaşınca içinde tohumlarını taşıyan iki gözlü kapsülü olan meyvelere dönüşür. Döktüğü tohumlarıyla çoğalır. Asya, Avrupa ve Amerika gibi birçok ülkede yetişen sığır kuyruğu ülkemizde yaygın olarak yetişmektedir.

*Astragalus pycnocephalus Fischer* (yerel ismi: keven), Fabaceae familyasından olup, kuraklığa ve soğuğa karşı dayanıklı bir yapıya sahip çok yıllık bitkidir. Her türlü toprakta yetişmekle birlikte az su tüketen bir bitkidir. Kökleri 3-5 m derine inebilen ve geniş dalları olan kevenler, yayıldığı alanın 2-4 katı büyüklüğündeki araziyi kaymalarına karşı korur. Yuvarlak ve küme görünüşünde, yaz-kış yaprağını dökmeyen bir bitkidir. Yastık biçiminde kümeler oluşturan ve dikenli olan kevenlerin yaprakları tüysü ve sivri uçlu olup; beyaz, sarı, mor veya pembe çiçekleri, değişik biçim ve büyülükte meyvelere sahiptir.

*Anthemis montana* (yerel ismi: papatya) Asteraceae familyasından olup, 20-60 cm boyunda narin yapılı bir bitkidir. Sapları yuvarlak ve tüysüzdür. Yaprakları kanat şeklinde, oldukça narin ince, iplik gibi ve koyu yeşil renktedir. Ortada sarı tüpsü çiçekleri ile bunların çevresinde beyaz ya da sarı renkli dilsiz çiçeklerden oluşur. Ana vatanı Türkiye olup hemen her yörede yetişebilir.



Şekil 2. a) *E. cyparissias*, b) *V. euphraticum*, c) *A. pycnocephalus* ve d) *A. montana* bitkilerinden görünüm

### Biyoakümülasyon Katsayısı (BAC)

Çalışma alanında alınan bitkilerde ve bu bitkilerle ilişkili topraklarda biyoakümülasyon katsayısı (BAC) hesaplanarak, topraktan bitkiye element geçiş belirlenebilmektedir (Kalender and Alcicek, 2016).

$$BAC = \text{bitkideki metal miktarı} / \text{topraktaki metal miktarı}$$

Yukarıdaki eşitlik kullanılarak, topraktan bitkiye element geçiş miktarı kantitatif olarak bulunmaktadır (Gedik, 2005; Wei ve diğ., 2002; Selvaraj ve diğ., 2013; Kalender and Alcicek, 2016).

Akümülatör özelliğine sahip olmayan bitkiler ( $<0.01$ ), düşük derecede akümülatör özelliğine sahip bitkiler ( $0.01-0.1$ ), orta derecede akümülatör olan bitkiler ( $0.1-1.0$ ), yüksek derecede akümülatör özelliğine sahip bitkiler ( $1-10$ ) olmak üzere metal biyoakümülasyonu dört gruba ayrılmıştır (Kalender and Alcicek, 2016).

Biyoakümülasyon katsayısı (BAC), esas olarak metalin çözünebilir fraksiyonuna ve topraktaki organik maddenin türüne ve miktarına bağlı olarak değişebilir (Xiaohai ve diğ., 2008).

BAC $>1$  olması, metallerin bitki köklerinden bitki yapraklarına taşıdığını gösterir (Baker ve diğ., 1989).

### Translokasyon Faktörü (TF)

Bitki yapraklarındaki metallerin bitki kökündeki metallere bölünmesiyle, Translokasyon Faktörü (TF) elde edilir (Nouri vd., 2009).

$$TF = \text{bitki yaprağındaki metal miktarı} / \text{bitki kökündeki metal miktarı}$$

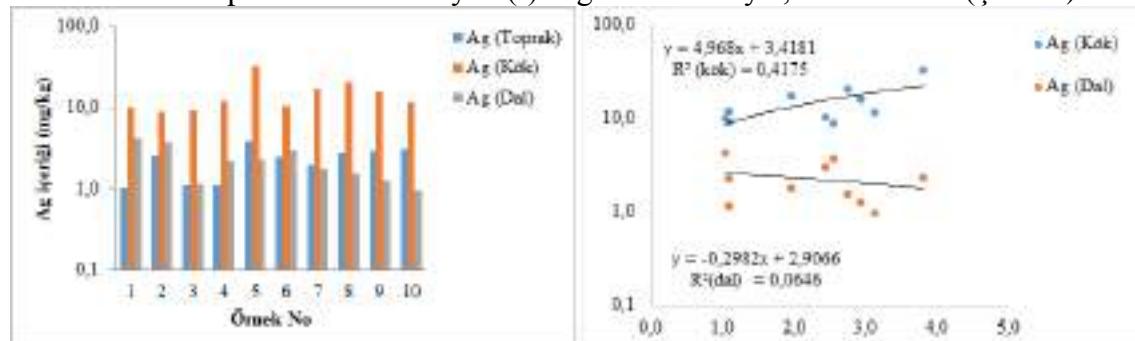
TF değeri ağır metallerin bitkide birikmesini değerlendirmede kullanılabilir. TF>1 olması bitki kökünden bitki yapraklarına doğru metallerin taşıdığını gösterir (Yanqun ve dig., 2005; Xiaohai ve dig., 2008),

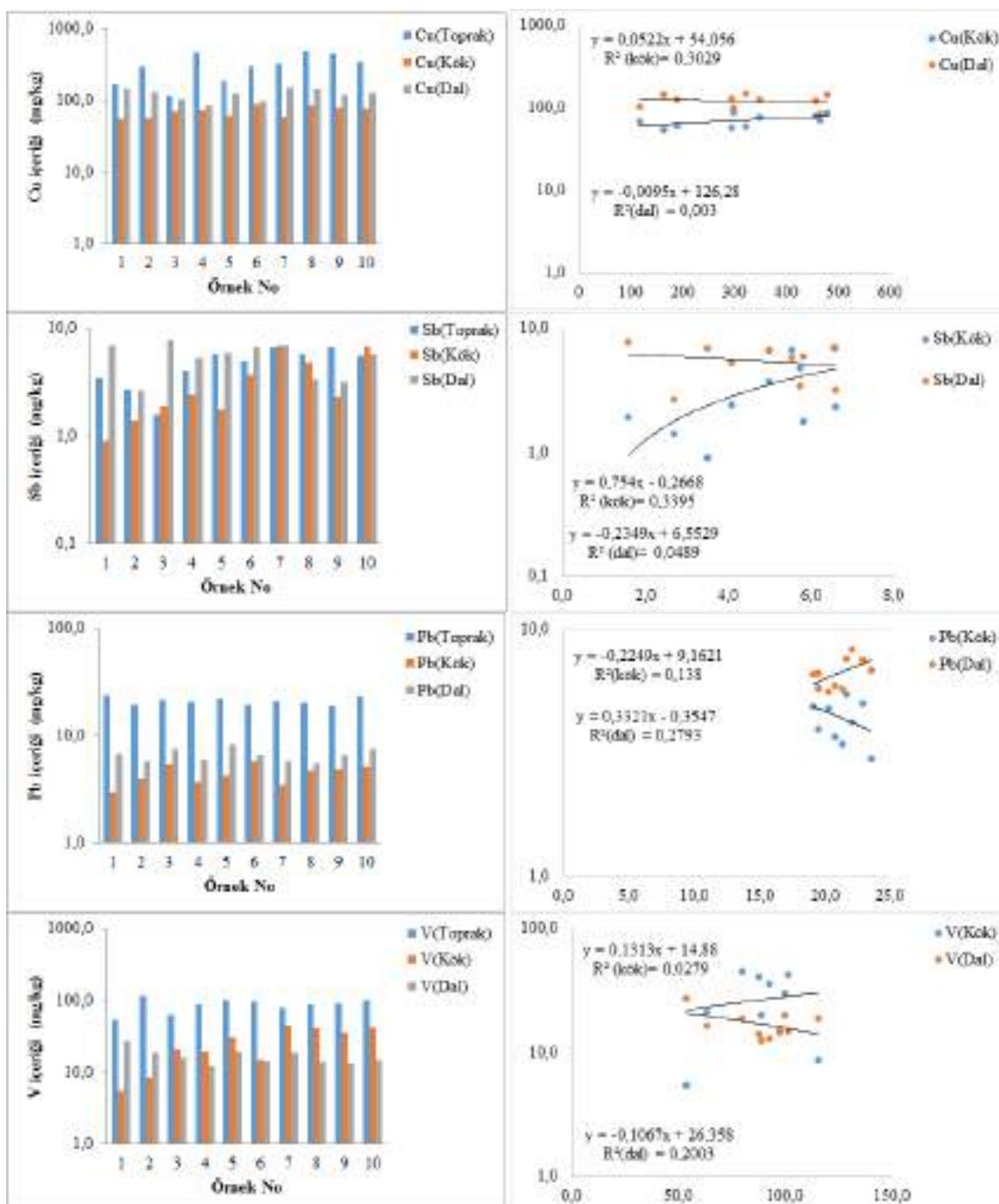
## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çalışma alanında alınan dört bitki türü ve bu bitkilerin üzerinde yetiştiği topraklardan alınan örneklerde Cu element konsantrasyonları, biyoakümülyasyon katsayısı (BAC) ve translokasyon faktörü (TF) Tablo 1'de verilmiştir. Ayrıca, bu element değerleri ile korelasyon diyagramları ve histogramlar Şekil 3-6 verilmiştir.

Toprak, kök ve daldaki ortalama metal içerikleri (mgkg) sırasıyla; *E. cyparissias* için, Ag: 2.3-14.8-2.2, As: 62.7-21.3-53.6, Co: 23.9-5.5-7.8, Cu: 313.6-70.4-123.3, Ni: 104.2-342.5-56.6, Pb: 21.1-4.4-6.7, Sb: 4.7-3.3-5.5, Th: 7.5-1.2-1.04, U: 1.9-0.5-0.4, V: 88.1-26.5-116.9 ve Zn: 164.7-116.5-116.9; *V. euphraticum* için, Ag: 2-20.7-4.1, As: 17.6-7.7-2.9, Co: 26-13.5-2.2, Cu: 297.9-115.9-263.3, Ni: 45.7-34.1-6.6, Pb: 18.2-4.4-7.1, Sb: 1.6-0.9-1.8, Th: 6.3-2.7-0.3, U: 1.6-0.5-0.1, V: 47.9-19.2 ve Zn: 162.8-211.7-191.9; *A. pycnocephalus* için, Ag: 12.1-4.7-2.7, As: 11.4-10.2-10, Co: 19.3-16.7-18.8, Cu: 226.4-189.2-89.5, Ni: 41.3-58.4-55.9, Pb: 25.5-11.3-17.3, Sb: 1.4-1.2-1.2, Th: 6.5-1.1-0.9, U: 1.2-0.8-0.9, V: 77.3-40.4-28.3 and Zn: 198.8-165.2-174.9; *A. montana* için, Ag: 2.6-2.6-44.1, As: 69.3-20.6-57.7, Co: 27.6-3.3-2.6, Cu: 198.2-127.7-144.1, Ni: 145-84.5-23.2, Pb: 29.1-5-20.4, Sb: 2.4-1.6-1.2, Th: 10-0.4-4.8, U: 2.8-0.2-6.7, V: 65.7-12.4-18.4 ve Zn: 131.7-515.7-141.4.

*E. cyparissias* bitkisi ile ilişkili toprak örneklerindeki Cu değerleri, bitkinin kök ve dalındaki Cu değerlerinden tüm lokasyonlarda yüksek olduğu Şekil 3'teki histogramlarda görülmektedir. Tüm lokasyonlarda bitkinin dalındaki Cu değerleri, kökteki Cu değerlerinden yüksektir (Şekil 3). Toprak örneklerindeki Cu değerlerinin fazla olmasına karşın, bitkinin kökleri ve dalları çok az oranda bünyesine bu elementi aldığı gözlenmiştir. *E. cyparissias* bitkisindeki element değerleri, korelasyon diyagramlarıyla değerlendirilmiştir. Bu diyagramlara göre, pozitif korelasyon gösteren Ag, Cu ve Sb elementlerinin toprak - kök korelasyon (*r*) değerleri sırasıyla, 0.64, 0.55 ve 0.58; Pb ve V elementlerinin toprak - dal korelasyon (*r*) değerleri sırasıyla, 0.53 ve 0.45 (Şekil 3).





Şekil 3. Çalışma alanında alınan *E. cyparissias* bitkisinin kök ve dalı ile bu bitkinin yetiştiği toprağı arasındaki korelasyonlar

*E. cyparissias* bitkisinin Cu elementine ait BAC(kök/toprak) ve BAC (dal/toprak) değerleri 0.1-1 arasında değiştiğinden dolayı, bu bitki için orta derecede akümülatör bitki olduğu söylenebilir. Cu elementinin ortalama TF değeri 1.8'dir ve tüm lokasyonlarda TF değeri 1'den büyktür. Bu değerin 1'den büyük olması, bu bitkinin köklerinden yapraklarına doğru Cu metalinin taşındığını gösterir (Şekil 7).

Table 1. EC, VE, AP ve AM bitkilerinin kök, dal ve bu bitkilerle ilişkili toprak örneklerindeki metal içerikleri, BAC (kök/toprak), BAC (dal/toprak) ve EF değerleri

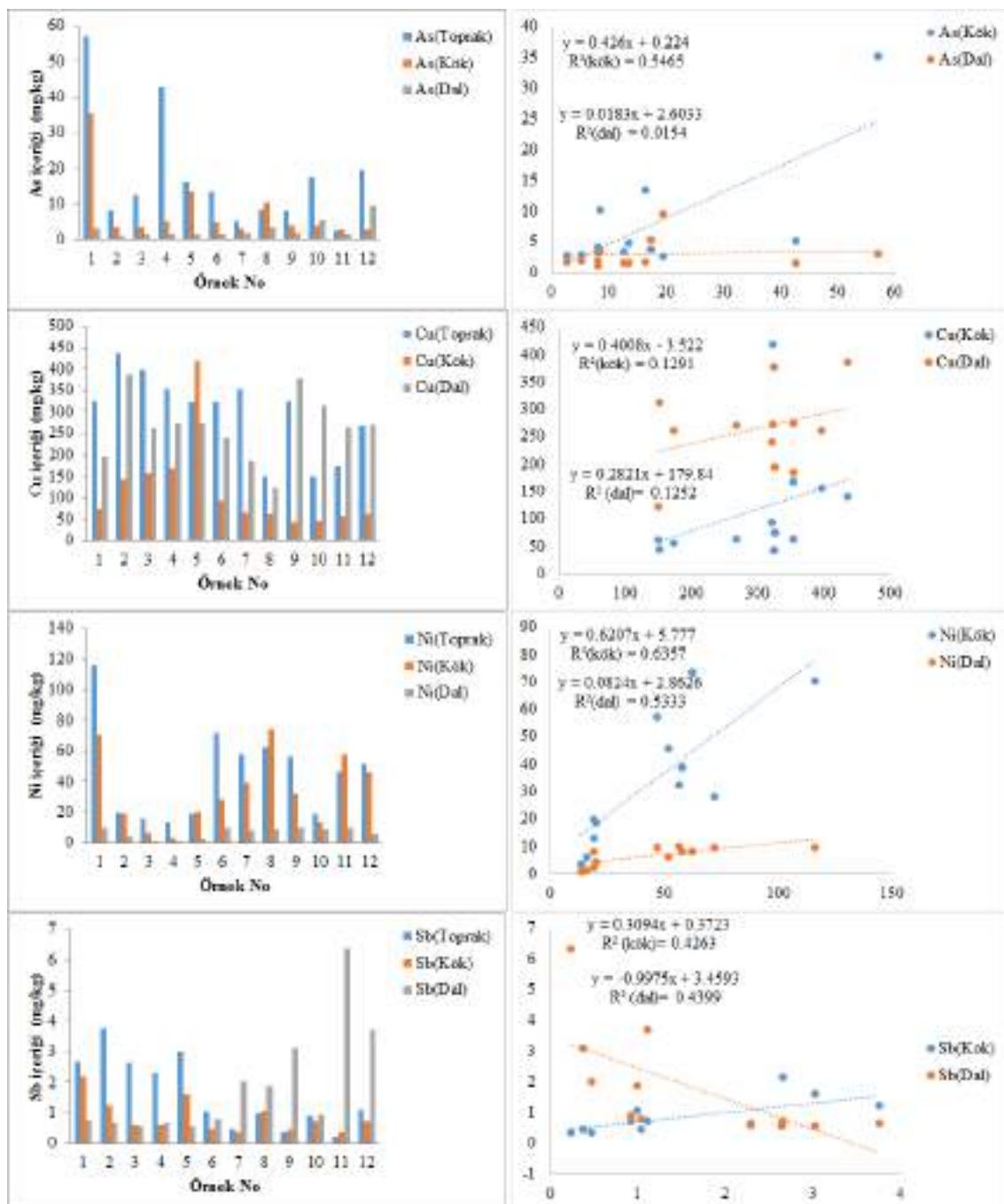


**(EC: *Euphorbia cyparissias*, VE: *Verbascum euphraticum L.*, AP: *Astragalus pycnocephalus Fischer* ve AM: *Anthemis montana*, TF: Translokasyon Faktörü)**

Örnek No	Topra k	BAC		BAC		Örnek No	BAC		BAC				
		Kök	Dal	(kök/topra k)	(dal/topra k)		Kök	Dal	(kök/topra k)	(dal/topra k)			
<b>EC1</b>	164.4	54.5	147.6	0.3	0.9	2.7	<b>AP1</b>	168.6	9	88.9	1.2	0.5	0.4
<b>EC2</b>	294.8	57.7	130.5	0.2	0.4	2.3	<b>AP2</b>	247.1	8	91.8	0.4	0.4	0.9
<b>EC3</b>	116.4	68.8	102.8	0.6	0.9	1.5	<b>AP3</b>	357.2	2	139.4	0.5	0.4	0.8
<b>EC4</b>	465.4	71.1	84.5	0.2	0.2	1.2	<b>AP4</b>	130.6	3	132.8	1.3	1.0	0.8
<b>EC5</b>	189.9	61.4	124.5	0.3	0.7	2.0	<b>AP5</b>	252.9	1	105.0	0.7	0.4	0.6
<b>EC6</b>	297.5	89.6	98.6	0.3	0.3	1.1	<b>AP6</b>	136.9	1	70.3	1.9	0.5	0.3
<b>EC7</b>	321.6	59.3	150.8	0.2	0.5	2.5	<b>AP7</b>	418.4	0	215.3	0.8	0.5	0.6
<b>EC8</b>	479.3	85.8	147.6	0.2	0.3	1.7	<b>AP8</b>	161.7	97.4	61.6	0.6	0.4	0.6
<b>EC9</b>	458.1	79.6	120.6	0.2	0.3	1.5	<b>AP9</b>	252.1	6	285.	1.1	0.2	0.2
<b>EC10</b>	348.4	76.3	125.7	0.2	0.4	1.6	<b>AP10</b>	105.8	9	132.	73.7	0.7	0.6
<b>VE1</b>	324.8	74.8	195.9	0.2	0.6	2.6	<b>AP11</b>	236.5	2	184.	96.3	0.4	0.5
		141.						180.					
<b>VE2</b>	436.1	8	387.7	0.3	0.9	2.7	<b>AP12</b>	334.7	2	214.	73.8	0.5	0.2
		158.						214.					
<b>VE3</b>	397.0	0	262.1	0.4	0.7	1.7	<b>AP13</b>	113.1	2	166.	58.4	1.9	0.5
		168.						166.					
<b>VE4</b>	353.5	3	274.5	0.5	0.8	1.6	<b>AP14</b>	155.2	6	419.	51.1	1.1	0.3
		419.						419.					
<b>VE5</b>	322.3	4	273.1	1.3	0.8	0.7	<b>AP15</b>	226.5	96.4	226.5.	61	0.4	0.3
								243.					
<b>VE6</b>	321.5	94.7	239.9	0.3	0.7	2.5	<b>AP16</b>	324.5	9	243.	52.3	0.8	0.2
								9					
<b>VE7</b>	354.4	64.6	186.6	0.2	0.5	2.9	<b>AM1</b>	180.3	95.9	180.3.	142.9	0.5	0.8
								104.					
<b>VE8</b>	149.4	61.7	122	0.4	0.8	2.0	<b>AM2</b>	168.8	2	149.4.	144.7	0.6	0.9
								110.					
<b>VE9</b>	324.0	42.9	377.2	0.1	1.2	8.8	<b>AM3</b>	138.3	3	138.3.	138.1	0.8	1.0
								180.					
<b>VE10</b>	150.6	44.6	313.7	0.3	2.1	7.0	<b>AM4</b>	198.2	9	150.6.	144.2	0.9	0.7
								101.					
<b>VE11</b>	173.6	56.3	262.5	0.3	1.5	4.7	<b>AM5</b>	227.8	8	173.6.	147.7	0.4	0.6
								152.					
<b>VE12</b>	267.4	63.2	271.3	0.2	1.0	4.3	<b>AM6</b>	247.1	9	267.4.	144.9	0.6	0.6
								9					
							<b>AM7</b>	167	148	267.4.	146.1	0.9	0.9
							<b>AM8</b>	132.1	83.4	167.	123.4	0.6	0.9
							<b>AM9</b>	213.3	74.7	132.1.	137.5	0.4	0.6
									101.				
							<b>AM10</b>	156.6	3	213.3.	152.0	0.6	1.0

*V. euphraticum* bitkisinin üzerinde yetiştiği toprak örneklerinin Cu değerleri, bitkinin kök ve dalındaki Cu değerlerinden V1-V4 ve V6-V8 nolu lokasyonlarda yüksektir. Ancak, V5 nolu lokasyonda bu bitkinin kökündeki Cu değeri, bitkinin dal ve ilişkili toprağındaki Cu değerinden yüksektir. V9 – V12 nolu lokasyonlarda da bu bitkinin dalındaki Cu değerleri, bitkinin kök ve ilişkili toprağındaki Cu değerlerinden yüksektir. V5 nolu lokasyonda bitkinin kökü ve V9-V12 nolu lokasyonlarda bitkinin dalı, topraktaki Cu elementini bünyesine aldığı gözlenmiştir (Şekil 4). *V. euphraticum* bitkisindeki element değerleri, toprak - kök korelasyon diyagramlarında As, Cu, Ni ve Sb elementlerinin korelasyon ( $r$ )

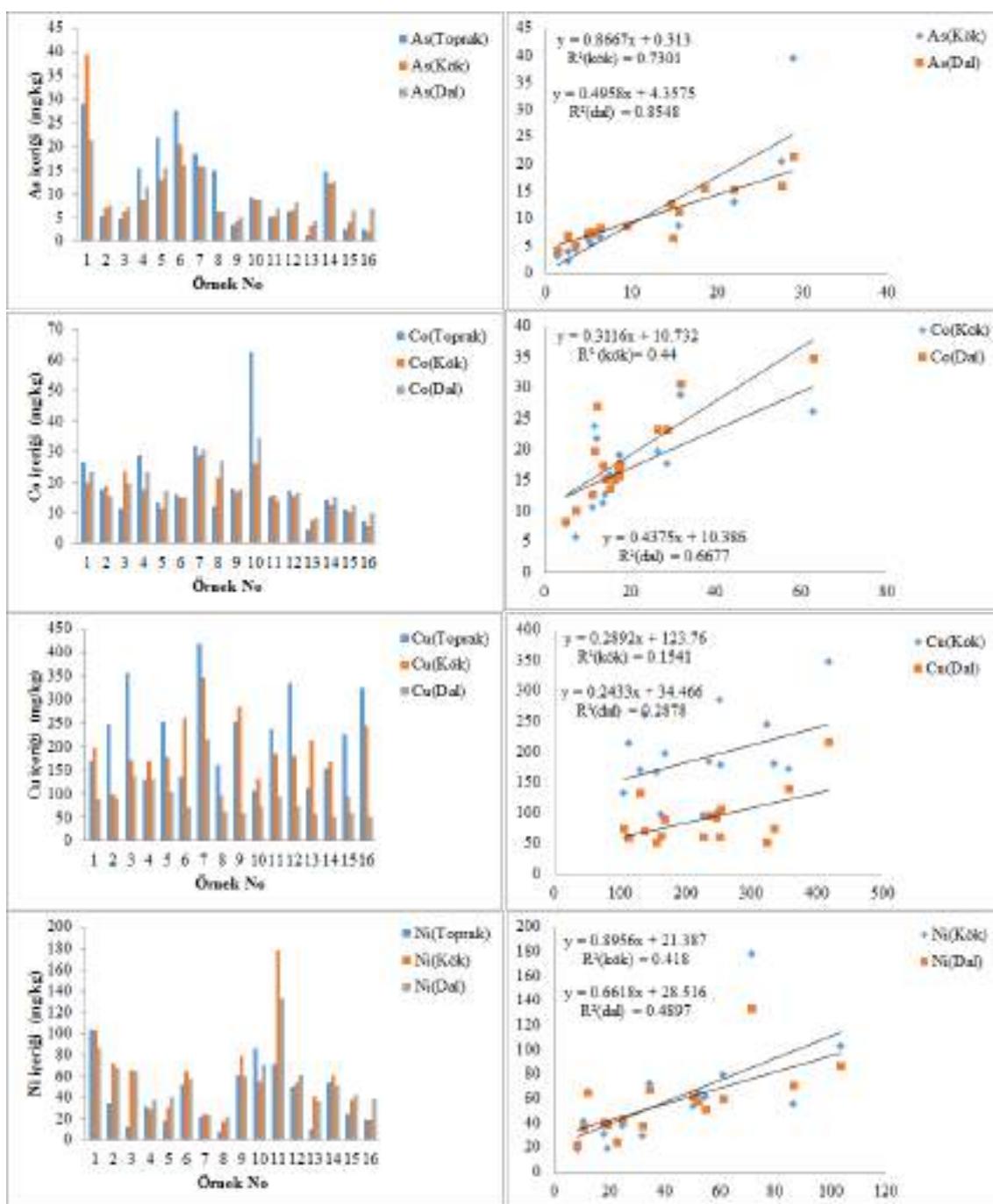
değerleri sırasıyla, 0.7, 0.4, 0.8 ve 0.7; Cu, Ni ve Sb elementlerinin toprak - dal korelasyon (r) değerleri sırasıyla, 0.4, 0.7 ve 0.7 (Şekil 4).

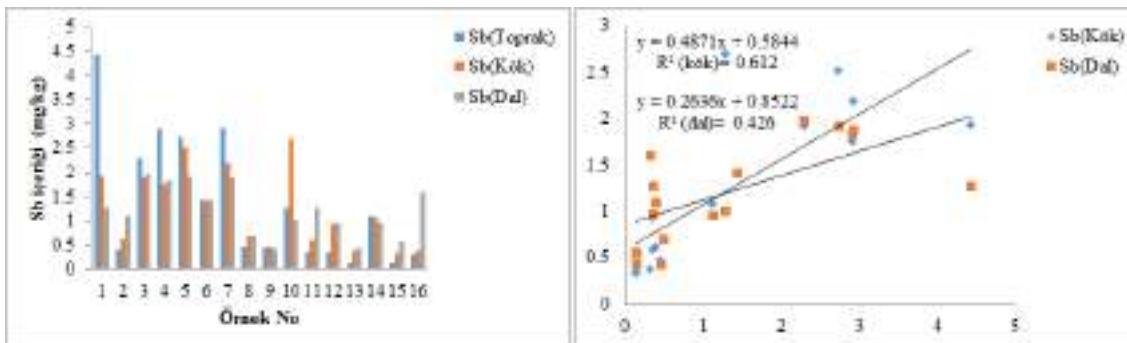


Şekil 4. Çalışma alanında alınan *V. euphraticum* bitkisinin kök ve dalı ile bu bitkinin yetiştiği toprağı arasındaki korelasyonlar

*V. euphraticum* bitkisinin Cu elementine ait BAC (dal/toprak) değerleri VE9 – VE12 nolu lokasyonlarda 1-2.1 arasında değiştiğinden, bu bitki için yüksek derecede akümülatör özelliğine sahip / hiperakümülatör bitki olduğu söylenebilir. Cu elementinin ortalama TF değeri 3.5'dir. Tüm lokasyonlarda TF değerinin 1'den büyük olması, bu bitkinin köklerinden yapraklarına doğru Cu metalinin taşındığını gösterir (Şekil 7).

*A. pycnocephalus* bitkisinin üzerinde yetiştiği toprak örneklerinin Cu değerleri AP2, AP3, AP5, AP7, AP8, AP11, AP12, 15 ve AP16 nolu lokasyonlarda, bitkinin kök ve dalındaki Cu değerlerinden yüksektir. Toprak örneklerindeki Cu değerlerinin fazla olmasına karşın, bitkinin kökleri ve dalları az miktarda bünyesine bu elementi aldığı gözlenmiştir. Ancak, AP1, AP4, AP6, AP9, AP10, AP13 ve AP14 nolu lokasyonda bu bitkinin kökündeki Cu değeri, bitkinin dal ve ilişkili toprağındaki Cu değerinden yüksektir. Bu lokasyonlarda ise, bitkinin kökü topraktan bu elementi bünyesine aldığı gözlenmiştir (Şekil 5). *A. pycnocephalus* bitkisi için, toprak - kök korelasyon diyagramlarında As, Co, Ni ve Sb elementlerinin korelasyon ( $r$ ) değerleri sırasıyla, 0.9, 0.7, 0.6 ve 0.8; As, Co, Cu, Ni ve Sb elementlerinin toprak - dal korelasyon ( $r$ ) değerleri sırasıyla, 0.9, 0.8, 0.5, 0.7 ve 0.7 (Şekil 5).

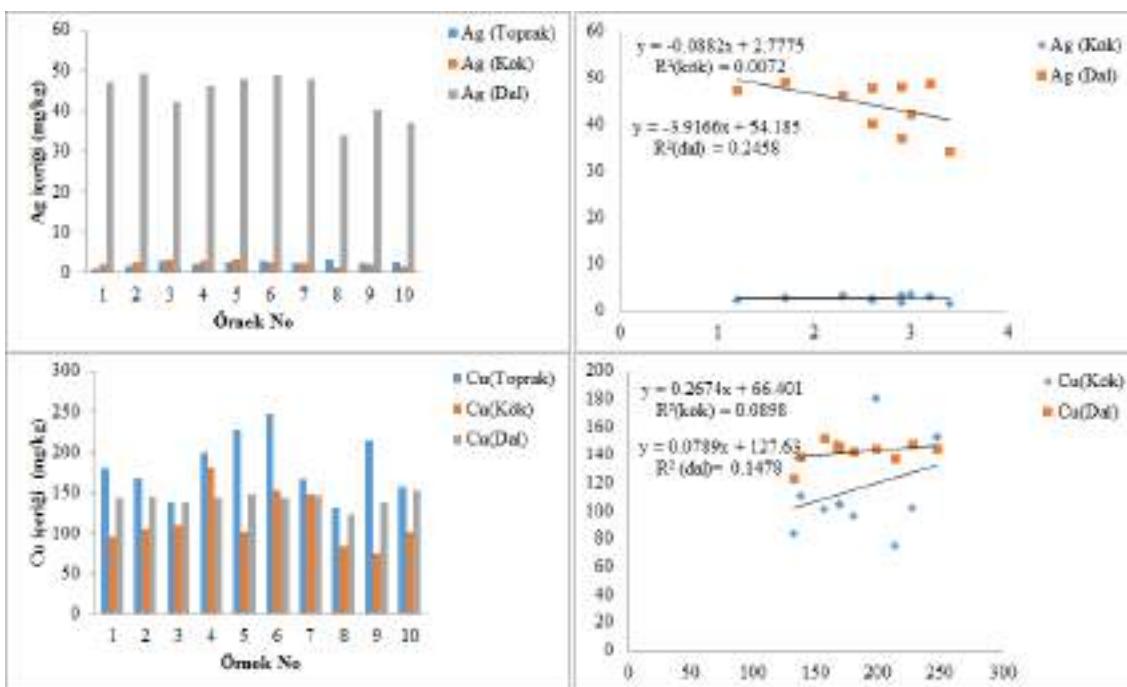


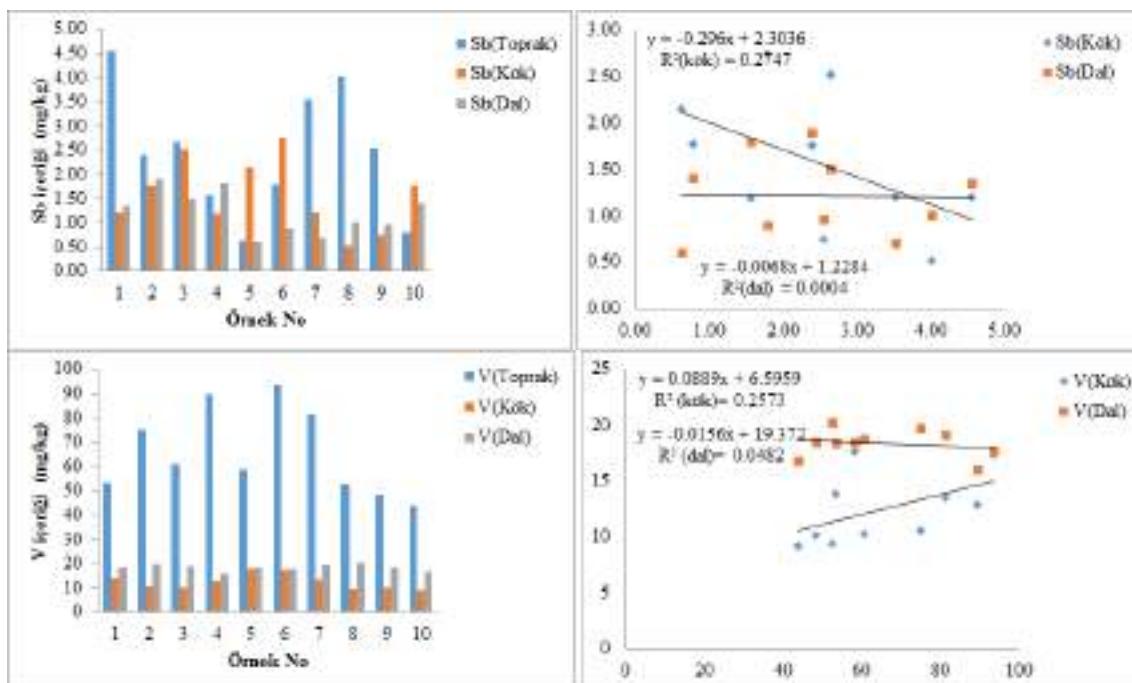


Şekil 5. Çalışma alanında alınan *A. pycnocephalus* bitkisinin kök ve dalı ile bu bitkinin yetiştiği toprağı arasındaki korelasyonlar

*A. pycnocephalus* bitkisinin Cu elementine ait BAC (kök/toprak) değerleri AP1, AP4, AP6, AP9, AP10, AP13 ve AP14 nolu lokasyonlarda 1.1-1.9 arasında değiştiğinden, bu bitki için yüksek derecede akümülatör özelliğine sahip / hiperakümülatör bitki olduğu söylenebilir. Cu elementinin ortalama TF değeri 0.5'dir. Tüm lokasyonlarda TF değerinin 1'den küçüktür (Şekil 7).

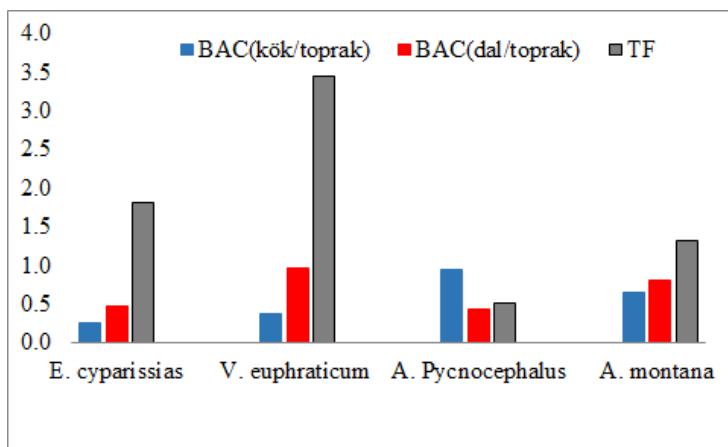
*A. montana* bitkisi ile ilişkili toprak örneklerinde Cu değerleri tüm örnek lokasyonlarda, bitkinin kök ve dalındaki Cu değerlerinden yüksektir. Toprak örneklerindeki Cu değerlerinin fazla olmasına karşın, bitkinin kökleri ve dalları az miktarda bünyesine bu elementi aldığı gözlenmiştir (Şekil 6). *A. montana* bitkisi için, toprak - kök korelasyon diyagramlarında Sb ve V elementlerinin korelasyon (*r*) değerleri sırasıyla, 0.5 ve 0.5; Ag ve Cu elementlerinin toprak - dal korelasyon (*r*) değerleri sırasıyla, 0.5 ve 0.4 (Şekil 6).





Şekil 6. Çalışma alanında alınan *A. montana* bitkisinin kök ve dal ile bu bitkinin yetiştiği toprağı arasındaki korelasyonlar

*A. montana* bitkisinin Cu elementine ait BAC (dal/toprağ) değerleri AM3 ve AM10 nolu lokasyonlarda 1.0-1.1 arasında değiştiğinden, bu bitki için yüksek derecede akümülatör özelliğine sahip / hiperakümülatör bitki olduğu söylenebilir. Cu elementinin ortalama TF değeri 1.3. Tüm lokasyonlarda TF değerinin 1'den büyük olması, *A. montana* bitkisinin köklerinden yapraklarına doğru Cu metalinin taşındığını gösterir (Şekil 7).



Şekil 7. Çalışma alaındaki bitkilerin ortalama BAC (kök/toprağ), BAC (dal/toprağ) ve ortalama TF değerleri (BAC: Biyoakümülyasyon Katsayı, TF: Translokasyon Faktörü).

## SONUÇLAR

Delice – Terzili Cu cevherleşmesi ve çevresinden alınan *E. Cyprissias*, *V. euphraticum*, *A. pycnocephalus* ve *A. Montana* bitkileri ve bu bitkilerin üzerinde yetiştiği topraklardan alınan örneklerde Ag, As, Co, Cu, Ni, Pb, Sb, Th, U, V ve Zn element konsantrasyonları



histogramlar ve korelasyon diyagramları ile değerlendirilmiştir. Çalışma alanından alınan toprak, kök ve daldaki ortalama Cu içerikleri sırasıyla; *E. cyparissias* için Cu: 313.6-70.4-123.3; *V. euphraticum* için Cu: 297.9-115.9-263.3; *A. pycnocephalus* için Cu: 226.4-189.2-89.5; *A. montana* için Cu: 198.2-127.7-144.1.

*E. cyparissias* ve *A. montana* bitkileri ile ilişkili toprak örneklerindeki Cu değerleri, bitkinin kök ve dalındaki Cu değerlerinden tüm lokasyonlarda yüksek olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, toprak örneklerinin Cu değerleri (*V. euphraticum*) V1-V4, V6-V8 nolu lokasyonlarda ve (*A. Pycnocephalus*) AP2, AP3, AP5, AP7, AP8, AP11, AP12, 15 ve AP16 nolu lokasyonlarda, bitkinin kök ve dalındaki Cu değerlerinden yüksek olduğu görülmüştür.

Çalışma alanında alınan bitkilerin element değerleri, korelasyon diyagramlarıyla (r) değerlendirilmiştir. Bu diyagramlara göre, *E. cyparissias* bitkisinde (toprak – kök) Ag, Cu ve Sb, (toprak – dal) Pb ve V; *V. euphraticum* bitkisindeki (toprak – kök) As, Cu, Ni ve Sb, (toprak – dal) Cu, Ni ve Sb; *A. pycnocephalus* bitkisindeki (toprak – kök ve toprak – dal) As, Co, Ni ve Sb, (toprak – dal), ve *A. montana* bitkisi bitkisindeki (toprak – kök) Sb ve V, (toprak – dal) Ag ve Cu elementlerinde pozitif korelasyon gözlelmektedir.

BAC değerlerine göre; *E. cyparissias* bitkisi orta derecede akümülatör bir bitki olduğu, *V. euphraticum*, *A. pycnocephalus* ve *A. montana* bitkileri ise, yüksek derecede akümülatör özelliğine sahip / hiperakümülatör bitkiler olduğu söylenebilir.

*E. cyparissias*, *V. euphraticum* ve *A. montana* bitkilerinin TF değerleri tüm lokasyonlarda 1'den büyük olduğundan, bu bitkilerin kökünden yapraklarına doğru Cu metalinin taşıdığını söylenebilir.

## KAYNAKLAR

- Alpaslan, M., & Temel, A.(2000). Petrographic and geochemical evidence for magma mixing and crustal contamination in the Post-Collisional calcalkaline Yozgat Volcanics, Central Anatolia, Turkey. International Geology, 42, 850-863, 2000.
- Aral, H. (1990a). "Red Bed" Tipi Bakır Yatakları ve Türkiye'den Örnekler. Madencilik, Cilt Xxx, Sayı 2.
- Aral, H. (1990b). Stratigraphic Sedimentological Properties and Formation of Sedimanter Copper (Silver-Uranium) Beds Between Delice-Yerköy in Central Anatolia. Bulletin of the Mineral Research and Exploration, 110: 55-76.
- Ateş, Ş., Erkal, T., Mutlu, G., Bulut, A., Osmançelebioğlu, R., Olgun, Ş., & Özata, A. (2002). Çorum kenti ile merkez ilçesinin yerbilim verileri ve doğal afet kaynakları. Maden Tektik ve Arama Genel Müdürlüğü Derlemesi, 146s., Ankara.
- Birgili, S., Yoldaş, R., & Ünal, G. (1975). Çankırı Çorum Havzası'nın jeolojisi ve petrol olanakları. MTA Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, 5621.
- Baker, AJM., & Brooks, RR. (1989). "Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements – A review of their distribution, ecology and phytochemistry". Biorecovery, 81-126.
- Dunham, KC. (1964). Neptunist concepts in ore genesis: Econ. Geol., 59, 1-2.
- Erdoğan, B., Akay, E., & Uğur, MS. (1996). Geology of the Yozgat region and evolution of the collisional Çankırı Basin. International Geology Review, 38, 788-806.



- Garlick, WG. (1974). Depositional and diagenetic environment related to sulfide mineralization. Mufulira, Zambia, Econ. Geol., 69, 59-79.
- Gedik, T. (2005). Madenköy (Niğde/Uluakışla) Ve Dolaylarının Biyojeokimyasal Anomalilerinin İncelenmesi.Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 113 s.
- Haranczyk, C. (1970). Zechstein lead-bearing shales in the Fore-Sudetian monocline in Poland: Econ. Geol., 65, 481-495.
- Kalender, L., & Alçıçek, Ö. (2016). Bioaccumulator Properties of *Astragalus angustifolius*, *Artemisia* and *Juncus effusus* for Uranium and Thorium. Science and Eng. J of Fırat Univ. 28 (2), 267-273.
- Ketin, İ.(1955). Zonguldak doğusunda Ovacuma bölgesinin jeolojisi hakkında, İst. Üniv. Fen Fak. Mecm., seri B, cilt XX, sayı 3, İstanbul.
- Nouri, J., Khorasani N., Lorestaní, B., Karamí, M., Hassani, A.H., & Yousef, N. (2009). Accumulation of heavy metals in soil and uptake by plant species with phytoremediation potential. Environ Earth Sci. 59:315–323 DOI 10.1007/s12665-009-0028-2
- Selvaraj, K., Sevugaperumal, R., & Ramasubramanian, V. (2013). "Phytoremediation Of Arsenic Chloride by Indian Mustard (*Brassica Juncea*)". Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences, 3(1): 184-191.
- Wei, CY., Chen, TB., & Huang, ZC. (2002). Cretanbake (*Pteris cretica* L): an Arsenic accumulating Plant. Acta Ecol. Sin. 22:777– 82.
- Wyszkowska, J., Borowik, A., Kucharski, M. & Kucharski, J. (2013). Effect of Cadmium, Copper and Zinc on Plants, Soil Microorganisms and Soil Enzymes. J. Elem. s. 769–796. DOI: 10.5601/jelem.2013.18.4.455
- Xiaoha, L, Yuntao, Z, Khan, S, Gang, D, Aikui, C, Li, L, Lei, Z, Zhonghan, L., & Xuecan, W. (2008). Accumulation of Pb, Cu and Zn in native plants growing on contaminated sites and their potential accumulation capacity in Heqing, Yunnan. Journal Of Environmental Science, 20:1469-1474.
- Yanqun, Z., Yuan, L., Jianjun, C., Li, Q., Schvartz, C. (2005). Hyperaccumulation of Pb Zn and Cd in herbaceous grown on lead – zinc mining area in Yunan. China Environment International, 31:755-762.



## ACCUMULATION OF LEAD- ZINC OF *G. ACUTIDENTATUM*, *J. FRUTICANS* AND *E. SMYRNAEUM* PLANTS GROWN NATURALLY IN THE GORGU VILLAGE (MALATYA -YESİLYURT), TURKEY

Güllü KIRAT

Bozok University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Geological Engineering, 66200, Yozgat, Turkey  
gullu.kirat@bozok.edu.tr

Cemal BOLUCEK

Balikesir University, Faculty of Architecture and Engineering, Department of Geological Engineering, 10145, Balikesir, Turkey  
cbolucek@balikesir.edu.tr

**ABSTRACT:** Biogeochemical studies on lead-zinc (Pb-Zn) deposits and their surroundings were carried out in *Glacium acutidentatum Hausskn.* & *Bornm*, *Jasminum fruticans L.* and *Erysimum smyrnaeum Boiss.* & *Bal.* plants and soil samples associated with these plants. The average concentration of Pb in soil, root, leaf and soil of *G. acutidentatum* (*Glacium acutidentatum*) plant is (mg/kg), respectively; 605.9, 216.7 and 8584.5, respectively, and Zn concentration (mg/kg), respectively; 9014.7, 786.3 and 461.5. The average concentration of Pb in root, leaf and associated soil of *J. fruticans* (*Jasminum fruticans*) plant (mg/kg), respectively; 399.3, 216.8 and 4336.5 and Zn concentration, respectively (mg/kg); 797.2, 479.6 and 3266. The average concentration of Pb in root, leaf and soil of *E. smyrnaeum* (*Erysimum smyrnaeum*) plant (mg/kg), respectively; 317.7, 301.3 and 5662.3 and Zn concentration, respectively (mg/kg); 688.8, 616.3 and 8728.5.

In this study, the average bioaccumulation coefficient (BAC(root/soil) and BAC(leaf/soil)) calculated for Pb is 0.09 and 0.03 for *G. acutidentatum*, 0.1 and 0.02 for *J. fruticans*, and 0.09 and 0.07 for *E. smyrnaeum*, respectively. The average bioaccumulation coefficient calculated for Zn is (BAC(root/soil) and BAC (leaf/soil)) 0.08 and 0.04 for *G. Acutidentatum*, 0.38 and 0.14 for *J. Fruticans*, And 0.07 and 0.06 for *E. smyrnaeum*, respectively.

The average translocation factors (TF) calculated for Pb and Zn were 0.3 and 0.6 for *G. Acutidentatum*, 0.48 and 0.6 for *J. Fruticans*, And 1.0 and 0.9 for *E. smyrnaeum*, respectively. For this reason, it can be said that *G. acutidentatum*, *J. fruticans* and *E. smyrnaeum* plants for Pb, *G. Acutidentatum*, *J. fruticans* and *E. smyrnaeum* plants for Zn are low grade accumulator plants.

**Key words:** biogeochemistry, translocation factor, lead - zinc, bioaccumulation coefficient.

## GÖRGÜ KÖYÜNDE DOĞAL OLARAK YETİŞEN *G. ACUTIDENTATUM*, *J. FRUTICANS* VE *E. SMYRNAEUM* BİTKİLERİNİN KURŞUN - ÇINKO AKÜMÜLATÖRÜ (MALATYA - YEŞİLYURT), TÜRKİYE

**ÖZET:** Görgü kurşun – çinko (Pb-Zn) yatakları ve çevresinde biyojeokimyasal çalışmalar, *Glacium acutidentatum Hausskn.* & *Bornm*, *Jasminum fruticans L.* ve



*Erysimum smyrnaeum* Boiss. & Bal. bitkilerinde ve bu bitkilerin üzerinde yetiştiği toprak örneklerinde yapılmıştır. *G. acutidentatum* (*Glacium acutidentatum*) bitkisinin kök, yaprak ve toprağının ortalama Pb konsantrasyonu sırasıyla (mg/kg); 605.9, 216.7 ve 8584.5, ve Zn konsantrasyonu sırasıyla (mg/kg); 9014.7, 786.3 ve 461.5. *J. fruticans* (*Jasminum fruticans*) bitkisinin kök, yaprak ve ilişkili topraklarının ortalama Pb konsantrasyonu sırasıyla (mg/kg); 399.3, 216.8 ve 4336.5 ve Zn konsantrasyonu sırasıyla (mg/kg); 797.2, 479.6 ve 3266. *E. smyrnaeum* (*Erysimum smyrnaeum*) bitkisinin kök, yaprak ve ilişkili topraklarının ortalama Pb konsantrasyonu sırasıyla (mg/kg); 317.7, 301.3 ve 5662.3 ve Zn konsantrasyonu sırasıyla (mg/kg); 688.8, 616.3 ve 8728.5.

Bu çalışmada, Pb için hesaplanan ortalama biyoakümülasyon katsayısı (BAC (kök/toprak) ve BAC (yaprak/toprak)) değerleri *G. acutidentatum* için 0.09 ve 0.03, *J. fruticans* için 0.1 ve 0.02, ve *E. smyrnaeum* için 0.09 ve 0.07 olarak belirlenmiştir. Zn için hesaplanan ortalama biyoakümülasyon katsayısı ise, (BAC(kök/toprak) ve BAC(yaprak/toprak)) *G. acutidentatum* için 0.08 ve 0.04, *J. fruticans* için 0.38 ve 0.14, ve *E. smyrnaeum* için 0.07 ve 0.06 olarak belirlenmiştir. Pb ve Zn için hesaplanan ortalama translokasyon faktörleri (TF) *G. acutidentatum* için 0.3 ve 0.6, *J. fruticans* için 0.48 ve 0.6, ve *E. smyrnaeum* için 1.0 ve 0.9 olarak belirlenmiştir. Bu nedenle, incelenen *G. acutidentatum*, *J. fruticans* ve *E. smyrnaeum* bitkileri Pb için, *G. Acutidentatum*, *J. fruticans* ve *E. smyrnaeum* bitkileri Zn için düşük derece akümülatör bitki olduğu söylenebilir.

**Anahtar sözcükler:** biyojeokimya, translokasyon faktörü, kurşun – çinko, biyoakümülasyon katsayısı.

## GİRİŞ

Madencilik, insektisitler ve gübreler, ortamdağı ağır metal konsantrasyonlarının yükselmesine neden olmaktadır (Alloway, 1994). Elementler, insan sağlığını ve çevreyi doğrudan etkileyebilir ve biyoakümülasyon yoluyla gıda zincirinde önemli bir tehlike oluşturabilir. Cu, Zn ve Mn gibi elementler canlı organizmalar için gerekli mikrobesinlerdir. Ancak, bu elementler yüksek konsantrasyonlarda olduğunda, bitkiler ve diğer organizmalar için toksik etki gösterebilirler (Lambers vd., 1998; Ghaderian ve Ravandi, 2012).

Maden yataklarının yerini saptamak amacıyla, kayaçlar, topraklar, dere sedimanları, bitkiler ve suların içeriği elementlerin kimyasal özelliklerinin belirlenmesinde jeokimyasal arama yöntemleri bir kılavuz olarak kullanılır (Akıncı, 2003). Bitki jeokimyası da diğer jeokimyasal yöntemler gibi maden yataklarının aranmasında kullanılabilen yöntemlerden biridir (Akçay, 2002).

Cevherleşme zonlarında gelişen topraklar, cevher minerallerince oldukça zengindir. Bu topraklarda büyüyen bitkiler diğer topraklarda büyüyen bitkilere oranla bu elementlerden daha fazla etkilenderek ortama uyum sağlarlar ya da örüler (Köksoy, 1991). Bu elementlerden fazla etkilenen bitkiler kirlilik indikatörü olabildiklerinden biyolojik ve ekolojik olarak da önemlidir (Mehes-Smith vd., 2013).

Bitkiler gelişip fizyolojik dönemlerini tamamlamada gereksinim duydukları maddeleri kolayca topraktan kökleri vasıtasiyla almaktadırlar. Bu maddeler bitkide bulundukları formda toprakta da bulunmaktadır (Brohi vd., 1994). Bitki beslenmesinde her besin



elementinin rolü farklıdır, bunların dengeli bir şekilde bitkiye uygulanması gerekmektedir (Okcu vd., 2009).

Pb toksik özellik taşıdığından, atmosfere yayıldığında çevresel kirliliği oluşturan en önemli ağır metaldir (Saygideğer, 1995; Karademir ve Toker, 1995). Pb, doğada inorganik ve organik halde bulunmaktadır. İnorganik Pb atmosferde partiküller halinde bulunurken, organik Pb uçucu olup çoğunlukla gıda zincirine ve içme sularına karışmaktadır. Bu nedenle organik Pb, inorganik Pb'na göre canlı yaşamı üzerinde daha fazla etkindir (Karademir ve Toker, 1995; De Jonghe ve Adams, 1982; Okcu vd., 2009).

Zn'nun suda çözünen formları bitkiler için yararlıdır. Zn alınımı, bitkinin türüne olduğu kadar bulunduğu ortama da bağlıdır. Özellikle ortamdaki Ca miktarı Zn alınımını etkiler. Zn, çoğunlukla bitki köklerinde bulunur ve bitki metabolizmasında çok önemli bir elementtir. Bitkilerde, Zn eksikliği, Zn-Fe ve Zn-Cu oranına bağlıdır. Bu iki element arasında ters bir orantı olduğundan birinin konsantrasyonu artarken diğerinin ki azalır. Bu da muhtemelen, her iki elementin, bitki bünyesine alınımı sırasındaki rekabetten kaynaklanır. Bazı bitki türleri ise, Zn fazlalığına karşı büyük tolerans gösterebilir (Çingi, 2007; Okcu vd., 2009).

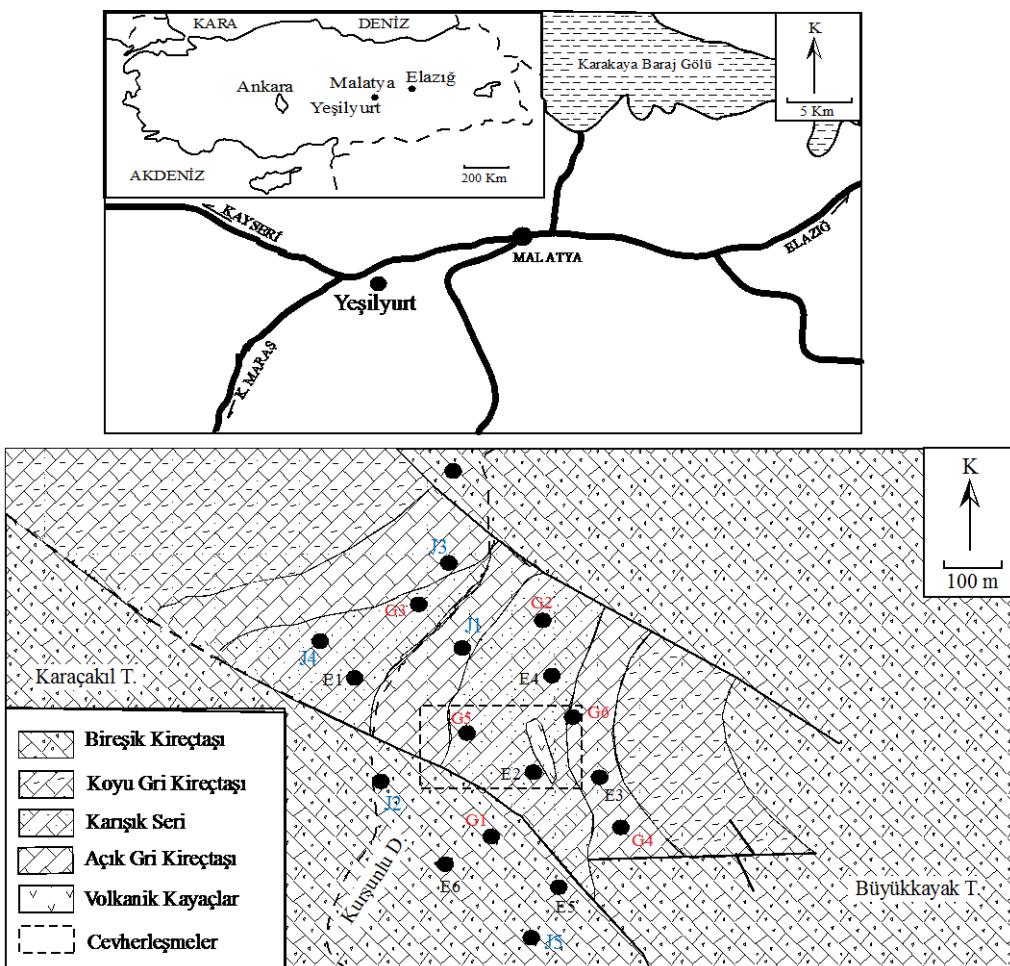
Bu çalışmada, *G. acutidentatum* (GA), *J. fruticans* (JS) ve *E. smyrnaeum* (ES) bitkilerindeki element konsantrasyonlarının üzerinde yetiştiği toprağın element konsantrasyonlarıyla karşılaştırılmıştır. Ayrıca, bu bitkilerin Pb ve Zn için akümülör özelliği araştırılmıştır.

## MATERİYAL VE METOD

### Çalışma alanı

Görgü Pb-Zn yatağı Malatya ilinin yaklaşık 26 km güneybatısında  $38^{\circ} 17' 29''$  Kuzey ile  $38^{\circ} 3' 7''$  Doğu koordinatlarında yer almaktadır (Şekil 1). İnceleme alanının güneyi nispeten sarp, kuzeyi ise daha yumuşak bir topografyaya sahiptir. Tipik karasal iklim koşullarının gözlendiği bölgede, kişiler soğuk ve yağışlı, yazlar ise sıcak ve yağsızdır. Sonbaharda başlayan yağışlı hava İlkbahar ortalarına kadar devam etmektedir.

Bölgede temelde kireçtaşı ve mermerlerden oluşan Malatya Metamorfikleri (Permo-Karbonifer) (Önal vd., 1990; Cengiz vd., 1991) yer almaktadır. Malatya Metamorfikleri, andezitik volkanik kayaçlarla kesilen volkano-sedimanter birim tarafından üzerlenir (Önal vd., 1990; Cengiz vd., 1991). Çalışma alanında yer alan volkanikler, işletmenin yapıldığı alanda az da olsa yüzeylemektedir (Sağıroğlu, 1988). İnceleme alanındaki diğer birimler ise, alüvyonlar ve toprak örtüsüdür (Kırat, 2009) (Şekil 1).



**Şekil 1. İnceleme Alanı Ve Yakın Çevresinin Jeoloji Ve Yerbelduru Haritası (Sağıroğlu, 1988'den Değiştirilerek Alınmıştır).**

### Bitki ve Toprak Örnekleri

Çalışma alanı ve çevresinde doğal olarak yetişen bitkiler ve bu bitkilerin üzerinde yettiği topraktan alınan örnekler Şekil 2'de gösterilmiştir. Alınan örnek koordinatları GPS ile belirlenmiş, plastik torbalara konularak numaralandırılmış ve laboratuara getirilmiştir.



**Şekil 2. Görgü civarında yetişen a) *G. acutidentatum*, b) *J. fruticans* ve c) *E. smyrnaeum* bitkilerine ait görüntü**

Alınan bitki örneklerinin bir kısmı preslenerek sistematik tanımlaması, Fırat Üniversitesi Biyoloji Bölümü Öğretim Üyesi Doç. Dr. İsmail Türkoğlu tarafından yapılmıştır. Geri



kalan bitki örnekleri ise, saf su ile yikanarak polietilen sergiler üzerinde oda sıcaklığında kurutulmuştur. Kurutma işleminden sonra bitkilerin kökleri ve yaprakları ayrılarak sırlı porselen kaplarda kül fırınında  $50 - 550^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar 1 saat aralıklarla toplam 11 saatte yakılarak kül haline getirilmiştir. Elde edilen kül örnekleri kimyasal analizler için paketlenmiştir.

Toprak örnekleri ise -80 mesh ( $180 \mu\text{m}$ ) tane boyunda elenerek 15 mg'luk miktar ve örnek numaraları yazılarak analize hazır hale getirilmiştir. Daha sonra bu kül ve toprak örneklerinin Kanada ACME Analitik Laboratuarlarında ICP-ES ve ICP-MS yöntemleriyle kimyasal analizleri yapılmıştır. Dedeksiyon limitleri; Ag: 2 ppb, As, Ni ve Zn: 0.1 ppm, Cd, Cu ve Pb: 0.01 ppm, Mn: 1 ppm ve Sb: 0.02 ppm.

Görgü Pb-Zn yataklarından alınan *G. acutidentatum* (yerel ismi: gelincik), *J. fruticans* (yerel ismi: yabani yasemin) ve *E. smyrnaeum* (yerel ismi: kaplan pençesi) bitkileri çalışma alanında doğal olarak yetişmektedir (Şekil 2).

*Glacium acutidentatum Hausskn. & Bornm.*: Papaveraceae familyasından olan bu bitki, tüm dünyada geniş yayılma sahiptir. Bu bitkinin boyu 30 ila 60 cm arasında değişmektedir. Yaprakları sert ve tüylü, gövdesi dik ve yeşil olan bu bitki Nisan - Ağustos aylarında çiçek açar. Tohumları koyu gri renkte ve Ağustos - Eylül aylarında olgunlaşır. Bu bitkinin tohumu ekilerek üretim yapılabilir. Ancak, tohumları çok olduğundan bu bitki kendi varlıklarını kendileri südürebilir.

*Jasminum fruticans L.*: Oleaceae familyasından olan bu bitki, birçok ülkede kendiliğinden yetişir ve yaklaşık 300 türü vardır. Dünyanın tropik ve astropik bölgelerinde yaygın olarak yetişen bu bitki, beyaz, sarı ve kırmızı çiçekler açar. Bu bitki, bazı yörelerde kışın yapraklarını tümüyle dökerken bazı yörelerde de yarı yapraklı kalır. Yaz başından sonbahar sonuna kadar çiçek açan bu türün küçük ve koyu yeşil yaprakları bulunur.

*Erysimum smyrnaeum Boiss. & Bal.*: Brassicaceae familyasında yer alan ve çoğunlukla ormanlarda yetişen yabani bir bitkidir. Genellikle boyları 50-60 cm, uzun yıllar yaşayan, kökleri oldukça geniş ve sağlam olan otgillerden bir bitkidir. Bu bitkinin çiçeği, sarı ve küçük olup basit görünüme sahiptir. İklim olarak, kurak ve nemli toprak bölgelerde yetişirler. Bu bitki, kök etrafında yayilarak gruplar şeklinde uzarlar. Yetişirilmesi oldukça kolay ve basit bir bitki türüdür.

### **Biyoakümülation Katsayı (BAC) ve Translokasyon Faktörü (TF)**

Bu çalışmada alınan bitkiler ve bu bitkilerin köklerine ait topraklar üzerinde biyoakümülation katsayısı kullanılarak topraktan bitkiye element geçisi belirlenebilmektedir (Kalender and Alcicek, 2016).

### **Biyoakümülation Faktör (BAC) = bitkideki metal miktarı / topraktaki metal miktarı**

Yukarıdaki eşitlik kullanılarak, topraktaki elementlerin bitki tarafından alınımı ve topraktan bitkiye element geçiş miktarı kantitatif olarak tahmin edilebilmektedir (Gedik, 2005; Wei vd., 2002; Selvaraj vd., 2013; Kalender and Alcicek, 2016). Metal akümülationı dört grupta incelenmiştir. Bunlar;

1) akümülatör özelliğine sahip olmayan bitkiler ( $<0.01$ ),



- 2) düşük derecede akümülatör özelliğine sahip bitkiler (0.01-0.1),
- 3) orta derecede akümülatör olan bitkiler (0.1-1.0),
- 4) yüksek derecede akümülatör özelliğine sahip / hiperakümülatör bitkiler (1-10) (Kalender and Alcicek, 2016).

Ayrıca, bu katsayısı biyoakümülatif kimyasalların primer kaynağının anlaşılması da önemlidir (Huang vd., 1997; Arnot ve Gobas, 2006). Bunun yanısıra, kökten bitkinin yapraklarına ağır metal Translokasyon Faktörü (TF) aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmaktadır (Kalender and Alcicek, 2016).

#### **TF = bitki yaprağındaki metal miktarı / bitki kökündeki metal miktarı**

Zenginleşme katsayısı, esas olarak topraktaki organik maddeye ve metalin çözünebilir fraksiyonuna bağlıdır (Xiaohai vd., 2008). Bu katsayı, bitkilerde iyileştirme potansiyeli olarak önemli bir faktördür. Zenginleşme katsayıısının 1'den küçük olması, ya bitkide metal konsantrasyonunun düşük olmasından ya da topraktaki metal konsantrasyonunun artmasından kaynaklanır (Zhao vd., 2003).

Translokasyon Faktörü (TF) ve Biyoakümülatyon katsayısı (BAC) ağır metallerin bitkide birikmesini değerlendirmede kullanılabilir. TF>1 olması kökten yapraklara doğru metallerin taşıdığını (Yanqun vd., 2005; Xiaohai vd., 2008), BAC>1 olması ise metallerin bitkinin köklerinden yapraklarına taşıdığını gösterir (Baker vd., 1989).

### **SONUÇLAR VE TARTIŞMA**

#### **Toprak ve bitkilerdeki Cu konsantrasyonları**

Çalışma alanından alınan üç bitki türündeki ve bu bitkilerle ilişkili topraklardaki Pb-Zn konsantrasyonları, biyoakümülatyon katsayısı (BAC) ve translokasyon faktörü (TF) Tablo 1'de verilmiştir. Ayrıca, elde edilen Ag, As, Cd, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb ve Zn değerleri korelasyon diyagramları ve histogramlarda gösterilmiştir (Şekil 3-5).

kök ve yapraklardaki maksimum metal içerikleri (mg/kg) *G. acutidentatum* için; Ag: 1.2-1.3, As: 2.1-0.6, Cd: 26.3-8.6, Cu: 14.9-8.6, Mn: 132-102, Ni: 3.6-2, Pb: 1033.3-551, Sb: 0.07-0.02 ve Zn: 1135-800, *J. fruticans* için: Ag: 0.2-0.2, As: 0.6-0.6, Cd: 18.1-34, Cu: 4.8-5.4, Mn: 45-96, Ni: 2.9-2.5, Pb: 762.3-634, Sb: 0.02-0.02 ve Zn: 1073-799, *E. smyrnaeum* için; Ag: 0.2-0.45, As: 1.7-3.1, Cd: 6.3-38, Cu: 6.9-4.7, Mn: 137-195, Ni: 4.7-8.3, Pb: 445.7-719, Sb: 0.9-0.06 ve Zn: 881-1388.

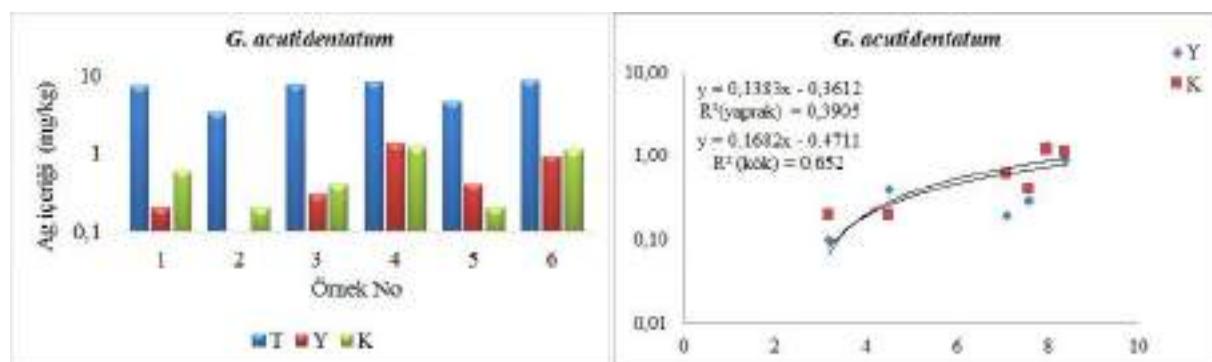
*G. acutidentatum* bitkisinden ve bu bitki ile ilişkili topraklardan altışar adet örnek alınmıştır. Toprağın, köklerin ve yaprakların ortalama Pb konsantrasyonu sırasıyla (mg/kg); 8584.5, 605.9 ve 216.7 ve Zn konsantrasyonu sırasıyla (mg/kg); 9014.7, 786.3 ve 461.5.

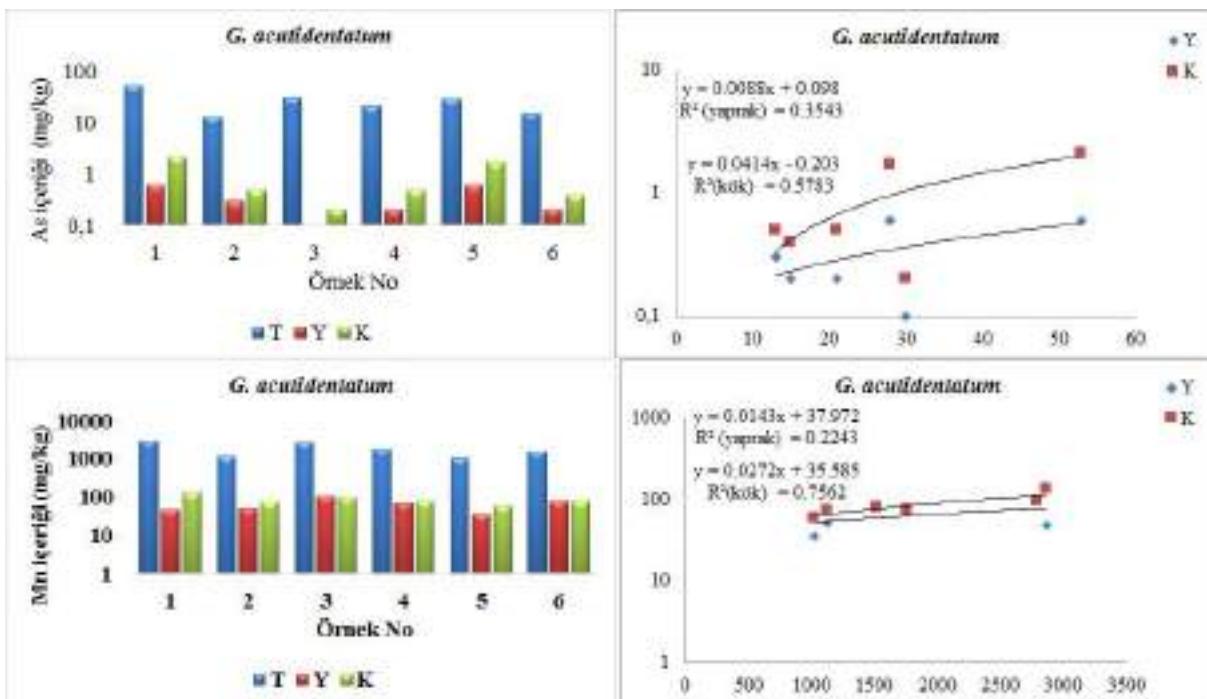
**Tablo 1. *G. acutidentatum*, *J. fruticans* ve *E. smyrnaeum* Bitkileri ve Bu Bitkilerle İlişkili Topraktaki Pb ve Zn İçerikleri (mg/kg). (T: Toprak, K: Kök, D: Yaprak, BAC(kök/toprak) ve BAC(yaprak/toprak) : Biyoakümülatyon Katsayısı, TF: Translokasyon Faktörü)**

Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)
916	

	T	K	Y	BAC(k/t)		BAC(y/t)		TF	T	K	Y	BAC(k/t)		BAC(y/t)		TF
				)	)	)	)					)	)	)	)	
<i>G. acutidentatum</i>	>1000							0.5	>1000							
	1 0	1033.3	551	-	-	-	-	0.4	0	4088	325	169	0.08	0.04	0.7	0.5
	2 4935	608	242	0.12	0.05	-	-	0.3	>1000	4 0	444	432	-	-	7	0.9
	>1000							0.2	>1000							0.7
	3 0	286.3	98	-	-	-	-	0	>1000	0	1135	800	-	-	0	0.3
	>1000							0.2	>1000							0.3
<i>J. fruticans</i>	0	750.6	151	-	-	-	-	7	0	687	254	-	-	-	7	0.3
	>1000							0.2	>1000							0.3
	5 6572	314.3	84	0.05	0.01	-	-	7	0	1094	377	-	-	-	4	0.9
	>1000							0.8	>1000							0.9
	1 0	762.3	634	-	-	-	-	3	0	733	714	-	-	-	7	0.4
	>1000							0.6	>1000							0.4
<i>E. smyrnaeum</i>	0	124.2	74	-	-	-	-	0	0	1073	491	-	-	-	6	0.8
	>1000							0.3	>1000							0.8
	3 6767	144.1	54	0.02	0.01	-	-	7	5512	957	799	0.17	0.14	3	0.4	
	>1000							0.3	>1000							0.4
	4 0	620	243	-	-	-	-	9	0	620	255	-	-	-	1	0.2
	>1000							0.2	>1000							0.2
<i>E. smyrnaeum</i>	5 1906	345.7	79	0.18	0.04	-	-	3	1020	603	139	0.59	0.14	3	0.4	
	>1000							0.2	>1000							0.4
	1 2138	432	91	0.20	0.04	-	-	1	7244	763	342	0.11	0.05	5	0.6	
	>1000							1.0	>1000							0.6
	2 0	357	371	-	-	-	-	4	0	871	585	-	-	-	7	0.5
	>1000							0.7	>1000							0.5
<i>E. smyrnaeum</i>	3 0	403	288	-	-	-	-	1	0	754	401	-	-	-	3	1.5
	>1000							1.6	>1000							1.5
	4 5649	445.7	719	0.08	0.13	-	-	1	0	881	1388	-	-	-	8	0.5
	>1000							1.7	>1000							1.5
	5 4049	147	253	0.04	0.06	-	-	2	7883	478	741	0.06	0.09	5	0.6	
	>1000							0.7	>1000							0.6
<i>E. smyrnaeum</i>	6 2138	121.4	86	0.06	0.04	-	-	1	7244	386	241	0.05	0.03	2	0.2	
	>1000							0.2	>1000							0.2

Tüm örnek lokasyonlarında, topraktaki Ag, As, Cd, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb ve Zn değerleri bitki kök ve yaprak değerlerinden, kök değerleri ise yaprak değerlerinden (Ag: 4, 5 ve Mn: 3 nolu lokasyonlarda yaprak değerleri yüksektir) yüksek olduğu Şekil 3'te görülmektedir. *G. acutidentatum* bitkisinin üzerinde yetiştiği toprağın element içeriklerinin fazla olmasına karşın, bitki çok az oranda bünyesine bu elementlerden almaktadır. Ag, As ve Mn elementlerinin toprak - kök korelasyon ( $R^2$ ) değerleri sırasıyla, 0.65, 0.58 ve 0.76 (Şekil 3).





**Şekil 3. Çalışma Alanındaki Topraklar İle *G. Acutidentatum* Bitkisinin Kökü Ve Yaprığı Arasındaki Korelasyon**

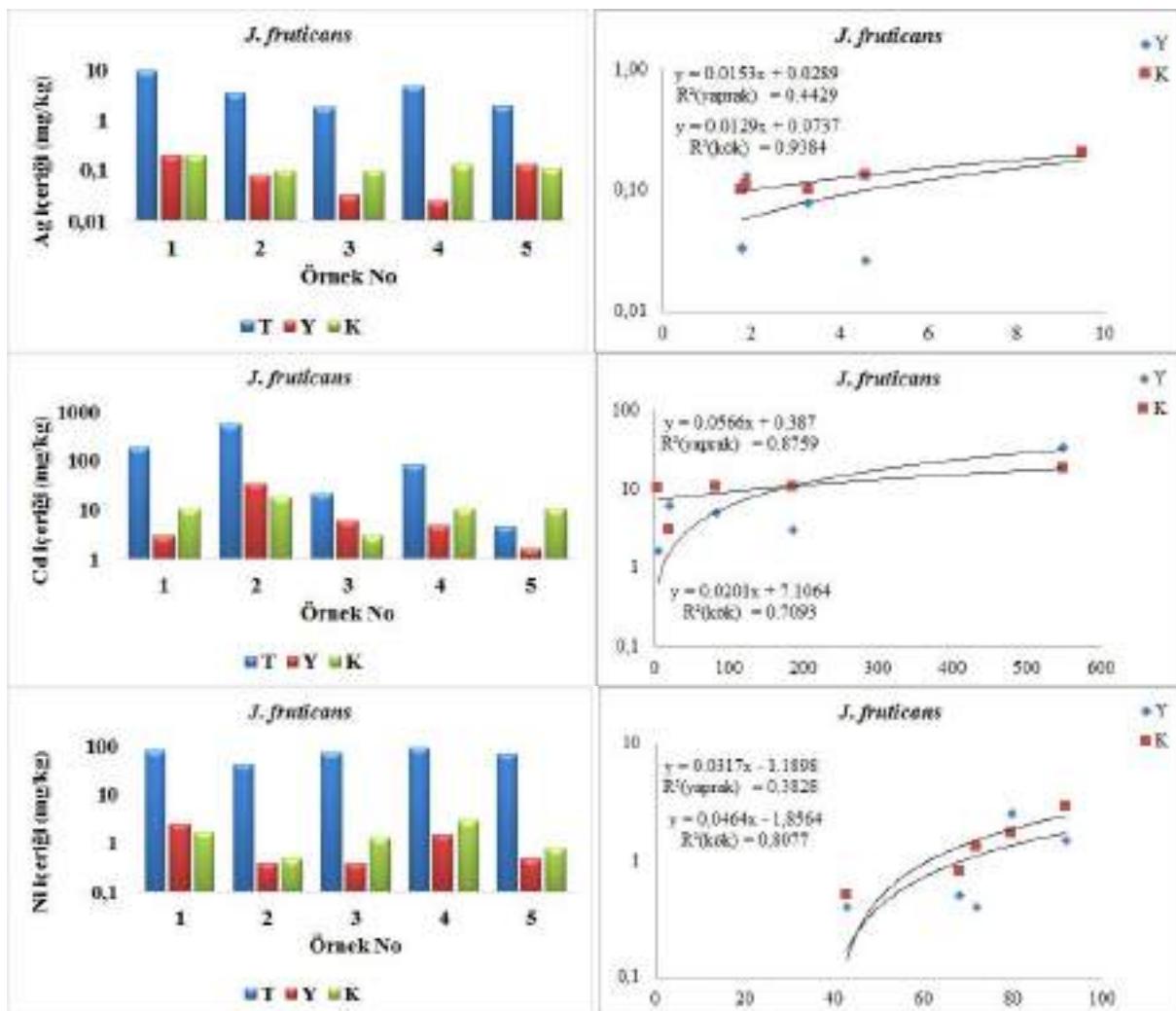
*G. acutidentatum* bitkisinin Ag, As, Cd, Mn, Ni, Pb, Sb ve Zn elementlerine ait BAC değerleri 0.01-0.1 arasında değişmektedir. Bu nedenle *G. acutidentatum* bitkisi düşük derecede akümülatör özelliğine sahip bitki grubunda yer aldığı söylenebilir. Ancak, Cu değerleri 0.1-1.0 arasında olduğundan, bu bitki Cu açısından orta derecede akümülatör bitki grubunda yer alır. TF değerleri Ag (4 ve 5 nolu lokasyonlarda), Cd (6 nolu lokasyonda), Cu (1 ve 2 nolu lokasyonlarda), Mn (3 ve 6 nolu lokasyonlarda) ve Sb (6 nolu lokasyonda) değerleri 1'den büyuktur. Bu değerlerin 1'den büyük olması, *G. acutidentatum* bitkisinin kökünden yapraklarına doğru metallerin taşındığını gösterir (Şekil 6). BAC ve TF (belirtilen lokasyonlarda) değerleri 1'den büyük olduğu için, Cu tarafından kirletilmiş alanların iyileştirilmesinde bu bitki kullanılabilir.

Çalışma alanındaki *G. acutidentatum* bitkisi ile ilişkili toprakların element içeriklerinin kimyasal analiz sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiştir (toprak değerleri Pb için; 1, 3, 4, 6 ve Zn için; 1, 3-6 nolu lokasyonlarda  $>10000$  mg/kg olduğundan bu değerler istatistiksel değerlendirmede kullanılmamıştır). Bu topraklardan elde edilen Ag-Pb ( $r = 0.85$ ,  $p < 0.05$ ), As-Sb ( $r = 0.94$ ,  $p < 0.01$ ), Cd-Cu ( $r = 0.84$ ,  $p < 0.05$ ) ve Cu-Ni ( $r = 0.93$ ,  $p < 0.01$ ) element çiftleri arasında pozitif korelasyon gözlenirken, As-Cd ( $r = -0.94$ ,  $p < 0.01$ ), Cd-Sb ( $r = -0.83$ ,  $p < 0.05$ ), arasında negatif bir korelasyon gözlenmektedir.

*J. fruticans* bitkisinden ve bu bitki ile ilişkili topraklardan beşer adet örnek alınmıştır. Bu bitkinin kök ve yaprakları ile ilişkili toprakların ortalama Pb konsantrasyonu sırasıyla (mg/kg); 399.3, 216.8 ve 4336.5 ve Zn konsantrasyonu sırasıyla (mg/kg); 797.2, 479.6 ve 3266.

Tüm örnek lokasyonlarında, toprakta incelenen elementler (Ag, As, Cd, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb ve Zn) bitki kök ve yaprak değerlerinden, kök değerleri ise yaprak değerlerinden (Ag: 5; Cd: 2, 3; Mn: 1, 2, 3, 5; Ni ve Sb: 1 nolu lokasyonlar dışında) yüksek olduğu Şekil 4'te

görmektedir. *J. fruticans* bitkisi ile ilişkili toprağın element içeriklerinin fazla olması bu bitkinin çok az oranda incelenen elementlerden aldığı göstermektedir. Ag, Cd, Ni ve Sb elementlerinin toprak - kök korelasyon ( $R^2$ ) değerleri sırasıyla, 0.94, 0.71, 0.81, 0.5 (Şekil 4).



**Şekil 4. Çalışma Alanındaki Topraklar İle *J. Fruticans* Bitkisinin Kökü Ve Yaprığı Arasındaki Korelasyon**

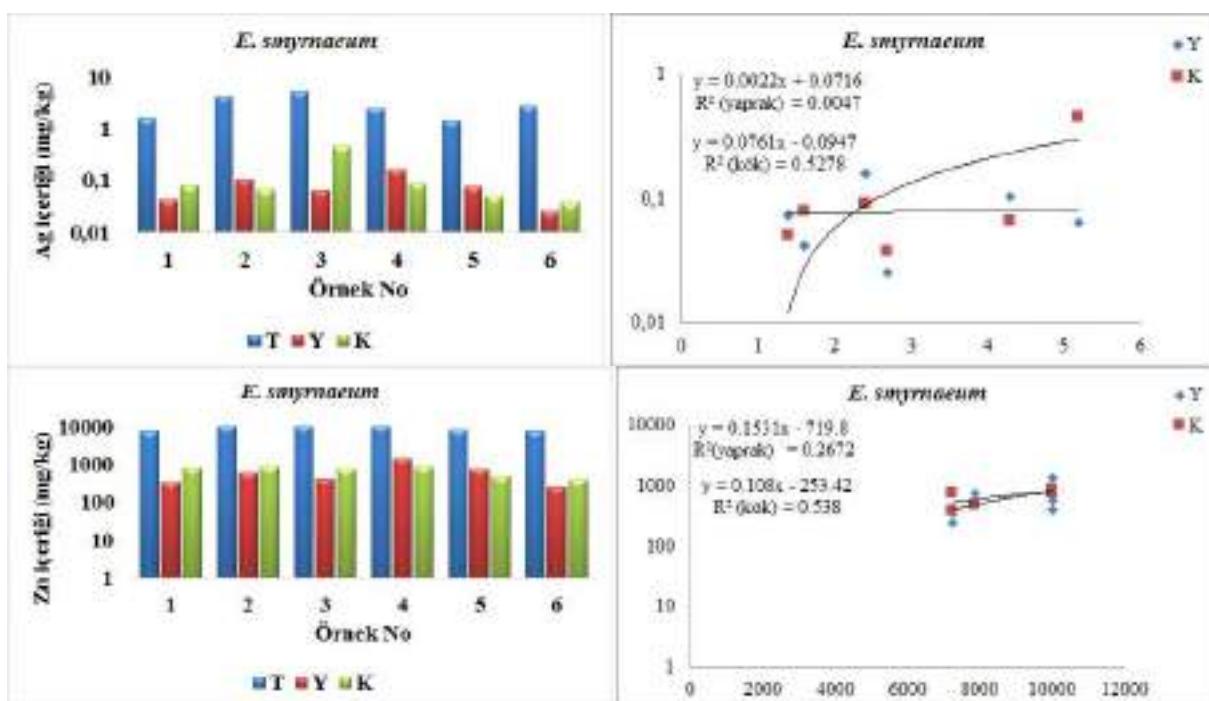
*J. fruticans* bitkisinin Ag, As, Cu, Mn, Ni, Pb ve Sb elementlerine ait BAC değerleri 0.01-0.1 arasında değiştiğinden düşük derecede akümülatör özelliğine sahip bitki grubunda yer alır. Ancak, Cd ve Zn değerleri 0.1-1.0 arasında bulunduğuundan, bu bitki Cd ve Zn için orta derecede akümülatör bitki grubundadır. TF değerleri Ag (1 ve 5 nolu lokasyonlarda), As ve Ni (1 nolu lokasyonda), Cd (2 ve 3 nolu lokasyonlarda), Cu (2, 3 ve 4 nolu lokasyonlarda), Mn (1, 2, 3 ve 5 nolu lokasyonlarda) ve Sb (1 ve 2 nolu lokasyonlarda) değerleri 1'den büyük olduğu için kökten yapraklara doğru metallerin taşıdığı söylenebilir (Şekil 6).

İncelenen *J. fruticans* bitkisi ile ilişkili toprakların element içerikleri istatistiksel olarak değerlendirilmiştir ( $>10000$  mg/kg olarak elde edilen değerler istatistiksel değerlendirmede kullanılmamıştır). Bu topraklardan elde edilen As-Sb ( $r = 0.95$ ,  $p < 0.05$ ), Cd-Mn ( $r = 0.99$ ,

$p<0.01$ ), Cd-Pb ( $r = 0.89$ ,  $p<0.05$ ) ve Mn-Sb ( $r = 0.89$ ,  $p<0.05$ ) ve Mn-Zn ( $r = 0.89$ ,  $p<0.05$ ) element çiftleri arasında pozitif bir korelasyon gözlenmektedir.

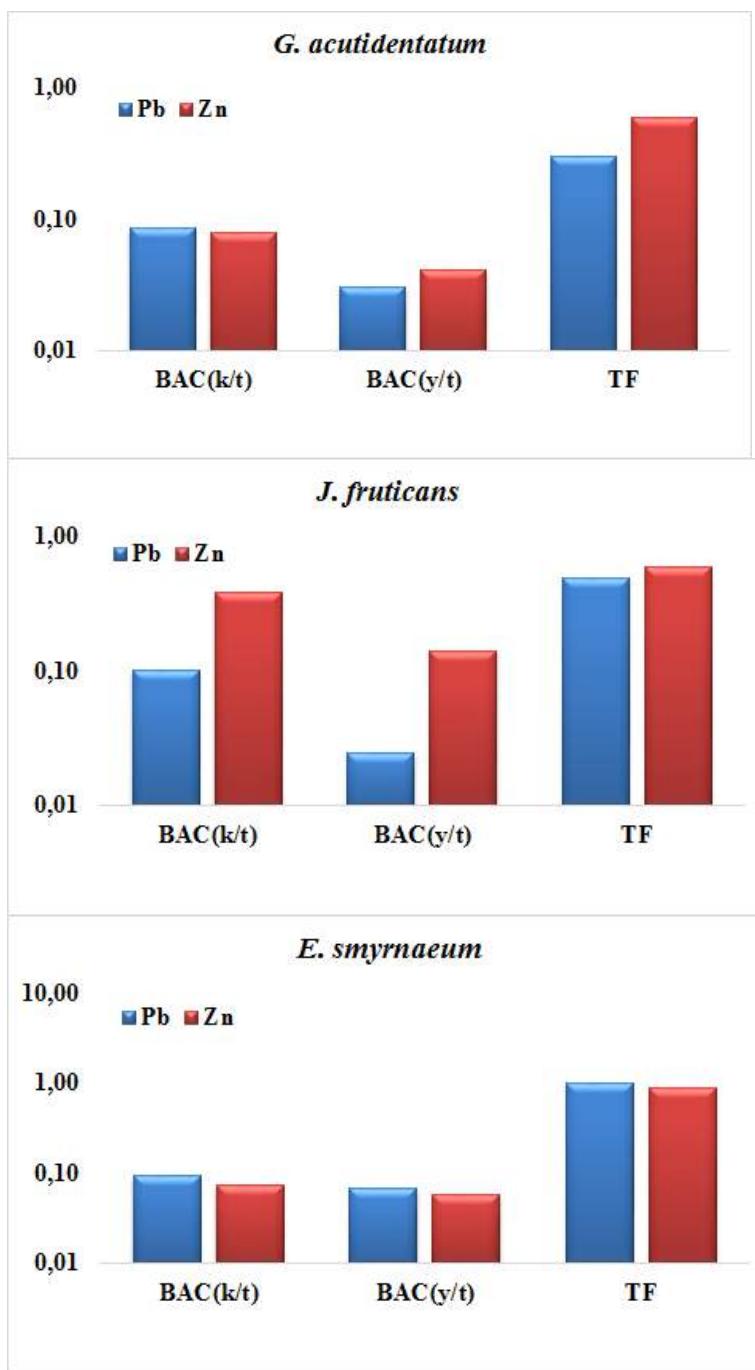
*E. smyrnaeum* bitkisi ile ilişkili topraklardan altışar adet örnek toplanmıştır. Bu bitkinin kök ve yaprakları ile ilişkili toprakların ortalama Pb konsantrasyonu sırasıyla (mg/kg); 317.7, 301.3 ve 5662.3 ve Zn konsantrasyonu sırasıyla (mg/kg); 688.8, 616.3 ve 8728.5.

Tüm örnek lokasyonlarında, toprakta incelenen elementler (Ag, As, Cd, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb ve Zn) bitki kök ve yaprak değerlerinden, kök değerleri ise yaprak değerlerinden (Ag ve Cu: 2; Pb ve Zn: 4 ve 5 nolu lokasyonlar dışında) yüksektir. Topraktaki element değerlerinin bitkinin kök ve yaprak değerlerinden yüksek olması, bu bitkinin çok az oranda incelenen elementlerden aldığı göstermektedir. Ag ve Zn elementlerinin toprak - kök korelasyon ( $R^2$ ) değerleri 0.5 ve toprak - yaprak korelasyon ( $R_2$ ) değerleri 0.5 (Şekil 5).



**Şekil 5. Çalışma Alanındaki Topraklar İle *E. Smyrnaeum* Bitkisinin Kökü Ve Yapraklı Arasındaki Korelasyon**

*E. smyrnaeum* bitkisinin Ag, As, Mn, Ni, Sb ve Zn elementlerine ait BAC değerleri 0.01-0.1 arasında değiştiğinden düşük derecede akümülatör özelliğine sahip bitki grubunda yer alır. Ancak, Cd, Cu ve Pb değerleri 0.1-1.0 arasında bulunduğuundan, bu bitki Cd, Cu ve Pb için orta derecede akümülatör bitki grubundadır. TF değerleri Ag, Mn ve Pb (2, 4 ve 5 nolu lokasyonlarda), As ve Zn (4 ve 5 nolu lokasyonlarda), Cd (1, 2, 4, 5 ve 6 nolu lokasyonlarda), Cu (2 nolu lokasyonda), Ni (4, 5 ve 6 nolu lokasyonlarda), ve Sb (1 ve 4 nolu lokasyonlarda) değerleri 1'den büyütür. Bu metallerin *E. smyrnaeum* bitkisinin kökünden yapraklarına doğru taşıdığı söylenebilir (Şekil 6).



Şekil 6. Çalışma Alanında Alınan *G. Acutidentatum*, *J. Fruticans* Ve *E. Smyrnaeum* Bitkilerinin Ve İlişkili Toprak Örneklerinin Ortalama BAC(k/t) ve BAC(y/t) ve TF (Biyoakümülyasyon Katsayıları: BAC(k/t): BAC(kök/toprak), BAC(y/t): BAC(yaprak/toprak), Translokasyon Faktörleri (TF))

İncelenen *E. smyrnaeum* bitkisi ile ilişkili toprakların element içerikleri istatistiksel olarak değerlendirilmiştir ( $>10000$  mg/kg olarak elde edilen değerler istatistiksel değerlendirmede kullanılmamıştır). Bu topraklardan elde edilen Mn-Pb ( $r = 0.89$ ,  $p < 0.05$ ), Mn-Zn ( $r = 0.93$ ,  $p < 0.01$ ) ve Pb-Zn ( $r = 0.94$ ,  $p < 0.01$ ) element çiftleri arasında pozitif korelasyon gözlenirken, As-Ni ( $r = -0.89$ ,  $p < 0.05$ ), Cd-Mn ( $r = -0.88$ ,  $p < 0.05$ ), Cd-Zn ( $r = -0.84$ ,  $p < 0.05$ ) arasında negatif bir korelasyon gözlelmektedir.



## SONUÇLAR

*G. acutidentatum*, *E. smyrnaeum* ve *J. fruticans* bitkilerinin üzerinde yetiştiği topraklarda element içerikleri incelenmiştir. Topraktaki element içeriklerinin fazla olmasına karşın, bitkiler çok az oranda bunyesine bu elementlerden almıştır. *G. acutidentatum* bitkisi için; Ag, As, Cd, Mn, Ni, Pb, Sb ve Zn, *J. fruticans* bitkisi için; Ag, As, Cu, Mn, Ni, Pb ve Sb ve *E. smyrnaeum* bitkisi için; Ag, As, Mn, Ni, Sb ve Zn elementlerinin BAC değerleri 0.01-0.1 arasında değiştiğinden bu bitkiler ilgili elementler için düşük derecede akümülatör özelliğine sahiptir. Ancak, *G. acutidentatum* bitkisi için; Cu, *J. fruticans* bitkisi için; Cd, Zn ve *E. smyrnaeum* bitkisi için; Cd, Cu ve Pb elementlerinin BAC değerleri 0.1-1.0 arasında olduğundan, bu bitkiler ilgili elementler için orta derecede akümülatör bitki grubunda yer alırlar. *G. acutidentatum* bitkisi için; Ag, Cd, Cu, Mn ve Sb, *J. fruticans* bitkisi için; Ag, As ve Ni, Cd, Cu, Mn, Sb ve *E. smyrnaeum* bitkisi için; Ag, Mn ve Pb, As ve Zn, Cd, Cu, Ni ve Sb elementlerinin TF değerleri 1'den büyük olduğundan bu bitkilerin köklerinden yapraklarına doğru bu elementlerin taşıdığı söylenebilir.

## KAYNAKLAR

- Akçay, M. (2002). Jeokimya: Temel kavamlar ve uygulamaya aktarımları, *KTÜ Yayın No: 204*, Trabzon.
- Akıncı, T.Ö. (2003). Maden Jeolojisi ve Arama yöntemleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik – Mimarlık Fakültesi Yayınları*, No: 33, Isparta.
- Alloway, B.J. (1994). Toxic metals in soil–plant sydals. Chichester, UK: John Wiley and Sons.
- Arnot, J.A., & Gobas, F.A.P.C. (2006). A review of bioconcentration factor, (BCF) and bioaccumulation factor, (BAF) assessments for organic, chemicals in aquatic organisms, *Environ. Rev.* 14, 257-296.
- Baker, A.J.M., & Brooks, R.R. (1989).Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements – A review of their distribution, ecology and phytochemistry. *Biorecovery*, 81-126.
- Brohi, A., Akgün, A., Rüştü M., & Sabit K.E. (1994). Bitki Besleme. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları:4*, Kitaplar Serisi:4 Tokat.
- Cengiz, R., Yılmaz, H., & Türkyılmaz, B. (1991). Malatya – Yeşilyurt – Cafana (Görgü) yakınındaki Çinkur'a ait ÖİR:671 ve ÖİR:1714 nolu ruhsat sahaları ara raporu. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Çingi, F. (2007). Eser elementler. (erişim adresi: [www.firochromis.com](http://www.firochromis.com), erişim tarihi: 12.04.2007).
- De Jonghe, W.R.A., & Adams F.C. (1982). Biochemical cycling of organic lead compounds. *Ecotoxicology*, 561-593.
- Huang, J.W., Chen, J., Berti, W.R., & Cunningham S.D. (1997). Transformation of TNT by aquatic plants and plant tissue cultures. *Environ.Sci.Tech.* 31, 266-271.
- Gedik, T. (2005). Madenköy (Niğde/Uluçışla) ve Dolaylarının Biyojeokimyasal Anomalilerinin İncelenmesi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi. 113 s. Adana (Yayınlanmamış).
- Ghaderian, S.M., & Ravandi, A.A.G. (2012). Accumulation of Copper and Other Heavy Metals by Plants Growing on Sarcheshmeh Copper Mining Area, Iran. *Journal of Geochemical Exploration*, 123, 25-32. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gexplo.2012.06.022>



- Kalender, L., & Alçıçek, Ö. (2016). Bioaccumulator Properties of *Astragalus angustifolius*, *Artemisia* and *Juncus effusus* for Uranium and Thorium. *Science and Eng. J of Fırat Univ.* 28(2), 267-273.
- Karademir, M., & Toker M.C. (1995). Ankara'nın bazı kavşaklarında yetişen çim ve bitkilerde egzoz gazlarından gelen kurşun birikimi. *II.Uluslararası Ekoloji ve Çevre Kongresi.*, 699-711. Ankara.
- Kırat, G. (2009). Görgü (Yeşilyurt - Malatya) Pb – Zn Yatakları ve Çevresindeki Metallerin Bitkilere Yansımaları. Doktora Tezi. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 210s.
- Lambers, H., Chapin III, F.S., & Pons T.L. (1998). plant physiological ecology. Springer-verlag, berlin, heidelberg, new york, london, paris, tokyo, hong kong. 540 pp., 356 Fig.Hb. DM 98.00 (us\$59.95). ISBN 0-387-98326-0.
- Mehes-Smith, M., Nkongolo, K., & Cholewa, E. (2013). Coping mechanisms of plants to metal contaminated soil. In Silvern, S. and S. Young, editors. Environmental change and sustainability. InTech.
- Köksoy, M. (1991). Uygulamalı Jeokimya. *Hacettepe Yayınları*, 368 s., Ankara.
- Okcu, M., Tozlu, E., Kumlay, A.M., & Pehlivan, M. (2009). Ağır Metallerin Bitkiler Üzerine Etkileri. *Derleme/Rewiev*, 17 (B), 14-26, ISSN:1307-3311
- Önal, M., Tuzcu, N., & Helvacı, C. (1990). Geological setting, mineralogy and origin of the Cafana (Malatya) Zn-Pb sulfide and carbonate deposit, E. Anatolia, Turkey, in: Int. Earth Sci. Congress on Aegean Regions, Proceedings, ed: M. Y. Savasçın and A. H. Eronat, Izmir, D. E. University, v. 1, 52-58.
- Sağiroğlu, A. (1988). Cafana (Görgü) Malatya karbonatlı Pb – Zn yatakları. *C.Ü. Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri A – Yerbilimleri C.* 5(1), 3-13.
- Saygideğer, S. (1995). *Lycopersicum esculentum* L. Bitkisinin çimlenmesi ve gelişimi üzerine kurşunun etkileri. *2. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi. Ankara.* 588-597.
- Selvaraj, K., Sevugaperumal, R., & Ramasubramanian, V. (2013). "Phytoremediation Of Arsenic Chloride by Indian Mustard (*Brassica Juncea*)". *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences*, 3(1), 184-191.
- Xiaohai, L., Yuntao, G., Khan, S., Gang, D., Aikui, C., Li, L., Lei, Z., Zhonghan, L., & Xuecan, W., (2008). Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on contaminated sites and their potential accumulation capacity in Heqing, Yunan. *Journal of Environmental Sciences* 20, 1469–1474.
- Wei, C.Y., Chen, T.B., & Huang, Z.C. (2002). Cretanbake (*Pteris cretica* L): an Arsenic accumulating Plant. *Acta Ecol. Sin.* 22, 777–82.
- Yanqun, Z., Yuan, L., Jianjun, C., Li, Q., & Schwartz, C. (2005). Hyperaccumulation of Pb, Zn and Cd in herbaceous grown on lead – zinc mining area in Yunan, China. *Environment International*, 31, 755-762.
- Zhao, F.J., Lombi, E., & McGrath, S.P. (2003). Assessing the potential for zinc and cadmium phytoremediation with the hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens*. *Plant Soil* 249:37-43.



## EFFECT OF GRAPHENE NANO-PLATELETS ON IMPACT PROPERTIES OF CARBON-KEVLAR COMPOSITES

Ahmet Erkliğ

University of Gaziantep, Department of Mechanical Engineering

erklig@gantep.edu.tr

Bahjat Hardan Sulaiman

University of Anbar, College of Engineering

bahjat.sulaman@gmail.com

Omar Abdulrahman Abood Al-dulaimi

Iraqi Ministry of Education, Educational Directorate of Al-Anbar

o\_dulaimy@yahoo.com

Bashar Ridha Younus

University of Technology, Energy and Renewable Energies Technology Center

bashar.aqidi@gmail.com

**Abstract:** The forming of composite materials considers an effective route to improve the performances of polymers and expand their application areas. Due to the unique structure and remarkable mechanical, electrical, thermal, optical and catalytic properties, Graphene has been mostly studied as a second phase to produce high performance polymer composites. The present investigation was basically performed to highlight the influence of Graphene Nano-platelets (GNPs) on impact resistance of Kevlar and glass fiber/epoxy hybrid and non-hybrid composite laminates. GNPs were dispersed with different weight contents of 0.1, 0.25 and 0.5 %wt. within epoxy matrix. Impact resistance of the test specimens with and without GNPs fillers were studied comparatively. From the experimental results, it can be said that the addition of GNPs into epoxy matrix has a considerable effect on the impact resistance of the composite laminates. The improved strength refers to high bonding between GNPs, epoxy and fibers at the interphase.

**Keywords:** Graphene Nano-platelets, glass fiber, kevlar fiber, impact, hybrid composite.

## INTRODUCTION

Fiber reinforced composites have wide range of engineering applications in areas like aerospace, automobile, defense and marine, because of their advantageous characteristics of light weight , high strength, stiffness and resistance to high temperature (Arun et al., 2010; Wan et al., 2007; Hosseinzadeh et al., 2006; Thanomsilp and Hogg, 2003). Despite these advantages of their properties, they are still susceptible to damages caused by various factors during manufacture and in service (Iqbal et al., 2009). The damage mode caused by low impact velocity loadings on composites consists of delamination, matrix cracking and fiber failure (Thanomsilp and Hogg, 2003; Iqbal et al., 2009).

Enhancement of the impact performance of composites by various methods has been shown through several researches. Fiber treatment (Kim et al., 2001), interleaving (Park and Jang, 1998), hybridization of fibers (Arun et al., 2010; Hosseinzadeh et al., 2006; Iqbal et al., 2009; Park and Jang, 1998; Hosur et al., 2005; Ramos et al., 2005; Shyr and Pan,



2004; Dutra et al., 2000; Ellis, 1996), matrix modification (Wong, 2001) and use of fillers (Farrash et al., 2017) are prominent among the methods reported. Hybridization is the combination of two or more fibers in a matrix. It has been reported that the type of fibers used, fiber configuration and stacking sequence have effects on structural and mechanical performance of hybrid composites (Park and Jang, 1998; Shyr and Pan, 2004; Muhi et al., 2009). Salehi-Khojin et al. (2006) studied the impact resistance of hybrid glass/Kevlar composites for different temperatures and impact energies. They showed that the impact behavior of glass/ Kevlar composite laminates were highly sensitive to the role of the temperature at different energy levels (8, 15, and 25 J). Fidan et al. (2012) investigated the internal damage characteristics of glass/aramid fiber-reinforced composite laminates using micro-computerized tomography inspection technique. It was shown that substitution of aramid layers with glass layers resulted in increase of impact and load carrying capacity of the composite laminates. Novak and DeCrescente (1972) have observed that the addition of glass fibers to carbon/epoxy and boron/epoxy composites improves the impact strength by a factor of about three to five, which is higher than that predicted from the impact properties of the unmixed composites. Chamis et al. (1972) have studied glass/carbon hybrid composites. They have observed that hybrid composites failed under impact by combined fracture modes: fiber breakage, fiber pullout and interplay delamination. Harris and Bunsell (1975) have conducted Charpy impact tests on unidirectional hybrid composite rod samples containing glass reinforcements and carbon reinforcements. They have stated that the work of fracture by impact and the flexural modulus are both simple functions of composition corresponding to a mixture rule based on the properties of plain glass reinforced composites and carbon reinforced composites.

On the other hand, nanoparticles have been widely studied and applied in numerous engineering and commercial areas due to its unique surface effect, increased chemical activity and particular physical properties (Komarneni, 1992). Many researchers have shown great performances, such as mechanical (strength and stiffness) and thermal properties, with adding low concentrations of nanoparticles into polymers (Luo and Daniel, 2003; Giannelis, 1996; Saber-Samandari et al., 2007). Reis et al. (2012) investigated the impact behavior and the damage tolerance of Kevlar/filled epoxy matrix with two different fillers, namely cork powder and nanoclays. It was found that adding fillers increased the maximum impact load, which was very dependent on the filler types, especially for high impact energies. Kostopoulos et al. (2010) have studied the effects of multi-walled nanotubes on impact and post-impact properties of Carbon Fiber Reinforced Plastics (CFRP). Improved impact damage resistance at 0.5 wt. % carbon nanotube (CNT) doped specimens was observed. Rahman et al (2015) have also studied the influence of oxidized carbon nanofibers (O-CNF) on impact properties. It was observed that the oxidized CNFs can significantly improve the impact properties of CFRP. Also, glass microbubble or hollow spheres have been incorporated in composite matrix for lightweight applications as they exhibit high specific compression strength and stiffness, low moisture absorption, wear resistance, high toughness, and reasonable high thermal stability (Landrock, 1995).

At present, graphene considers a new filler material and an alternative to carbon nanotubes (Mittal et al., 2017; Zakaria et al., 2017; Shen et al., 2017), and it has been used in many engineering applications (Kang et al., 2016). Graphene nanoplatelets (GNPs) consist of single layer of carbon nanomaterial and it first described by Hanns-Peter Boehm as a single carbon foils composed of coined graphite and suffix-ene (Boehm, 2010). Graphene presents two dimension Nano-structure significantly contributes in improving fiber



rtooughness and this multifunctional characteristics can greatly increase interaction forces of Van de Waals between particles (Zhang et al., 2014; Du et al., 2017). However, these interaction forces induce aggregations between graphene nanoplatelets which resulting in developing local stresses under the external loads (Kang et al., 2016). Only limited work could be found in the literature regarding the mechanical characterization of hybrid polymer composite using Glass fiber, carbon fiber and epoxy polymer with the addition of filler like Graphene. Studying effect of graphene is expected to provide a fundamental insight into all carbon materials. In comparison with carbon nanotubes, graphene exhibits potential advantage of low cost, high surface area, ease of processing and safety (Segal, 2009), excellent thermal conductivity (Balandin et al., 2008) and strong mechanical strength (Lee et al., 2008). Another mass production method is chemical (Stankovich et al., 2007) or thermal reduction (Schniepp et al., 2006) of graphite oxide.

In the present investigation, the studies are carried out and interpreted the impact properties of Kevlar-carbon hybrid fibers reinforced epoxy matrix developed by GNPs. In this work the experiments have been conducted on four different arrangements of Kevlar/carbon fibers reinforced epoxy resin with and without the GNPs. The comparison of experimental results shows the properties of each composite system. Hence it is of primary importance to develop an ideal hybrid composite of Kevlar-carbon-epoxy based Nano-polymer.

## MATERIALS

Twill 2×2 woven Kevlar fabric with an areal density of 173 g/m<sup>2</sup> and carbon fabric having 200 g/m<sup>2</sup> areal density were purchased from DOST Chemical Industrial Raw Materials Industry, Turkey. Epoxy type MOMENTIVE-MGS L160 with corresponded hardener (MOMENTIVE-MGS H260S) were provided from DOST Chemical Industrial Raw Materials Industry, Turkey. Graphene Nano fillers were provided from Grafnano Teknolojik Malzemeler Company. It looks like a black and grey powder, and has bulk density of about 0.05 g/cm<sup>3</sup>, purity of 99.5%, 5 μm diameter of particle, specific surface area of 150 m<sup>2</sup>/g, and thickness of 5-8 nm, as well as Raman spectra ID/IG Ratio of 0.08 and XRD 2-theta of 26 °C peak. Table 1 illustrates the mechanical properties of fibers and epoxy resin.

**Table 1. Physical Properties of Fibers and Epoxy Resin**

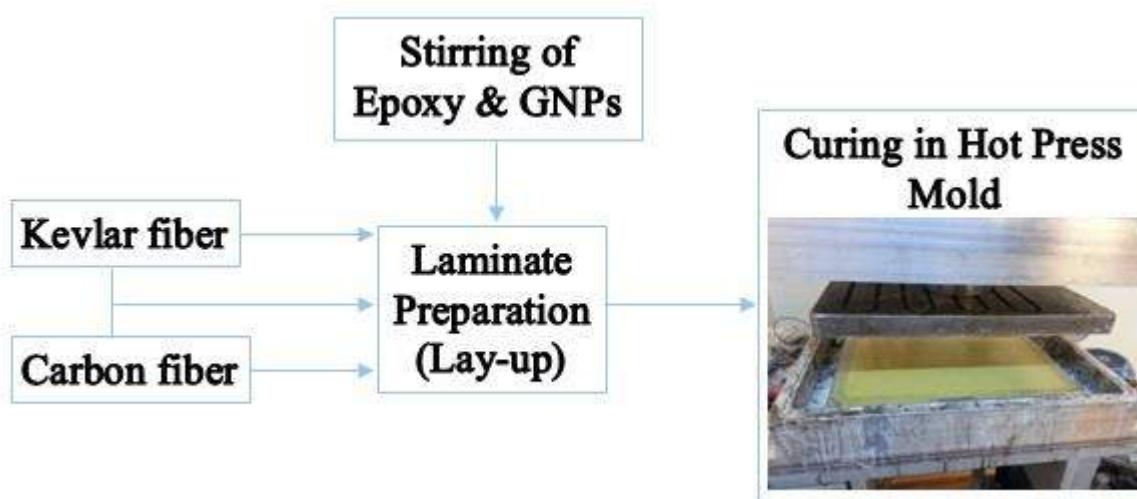
Porperty	Kevlar fiber	Carbon fiber	Epoxy resin
Density (g/m <sup>2</sup> )	173	200	1.18 – 1.20
Thickness (mm)	≈ 0.2	≈ 0.2	–
Tensile strength (MPa)	2750-3000	2500-3000	70 – 80
Elastic modulus (GPa)	82-124	200-700	3.2 – 3.5

## METHODS

Hand lay-up method was utilized to produce Kevlar/carbon composites reinforced and unreinforced by GNPs. The impact properties of these composites were determined by charpy impact test.

### Production of Composite Laminates

The un-particulate matrix of composite laminates was composed of epoxy and hardener with 100:28 weight ratio. After that, for Nano-composites, GNP fillers were incorporated into epoxy resin with 0.1, 0.25 and 0.5 wt. % and mixed together for about 20 min with absence of hardener in order to achieve good dispersion of GNP particles within epoxy, and then the hardener was added and mixing process was continued for extra 3 min. Four different configurations of fiber sequence based on carbon/Kevlar fibers, ([C8], [C2K4C2], [K2C4K2] and [K8]) where C and K refer to carbon and Kevlar fibers, respectively, were prepared and tested. Hand lay-up technique was adopted to produce the composite systems. The adhesive mixture was applied on fabric with the aim of roller for better wetting of fibers by the adhesive. Then another fiber ply was loaded and this step was repeated up to 8 layers with [0/90] lay-up sequence. To get plates with constant thickness, a hot press of two flat surfaces was used to compress the composite laminates. Also, the hot press allow to explode voids within epoxy matrix which might be formed during mixing process. For these reasons, the composite laminates were subjected to 0.4 MPa pressure and left 1 h for curing with 80 °C temperature. The resultant thickness of composite systems was  $2.37 \pm 0.03$ ,  $2.1 \pm 0.1$ ,  $2.27 \pm 0.08$  and  $2.27 \pm 0.08$  mm for [K8], [C8], [C2K4C2], and [K2C4K2], respectively. Figure 1 shows the production procedure of carbon-Kevlar/GNPs composites.



**Figure 1. Production Procedure of Composite Laminates**

#### *Charpy Impact Test*

Impact test was performed based on ISO 179/92 standard using Köger 3/70 Charpy impact test machine with a 15 J Hammer. The test machine and setup are shown in Figure 2 (a). The test elements are anvils, pendulum, dial gage, and test specimen. Figure 2 (b) and (c) show the test sample position subjected edgewise and flatwise impact test, respectively. The notched and un-notched specimens (Fig. 3 (b)) were cut by 55 mm × 10 mm in dimensions from the composite laminates using CNC machine according to the ISO 179/92 standard. The test procedure includes calibration of dial gage indicator, put specimens in position on anvils, release the machine hammer, and measuring the fracture energy values. The fracture energy values are the difference between the potential energy of pendulum at initial position before releasing and at maximum height reached by the pendulum after impact. Absorbed energy values were measured under the constant impact load and impact

strength and absorbed energy of the samples can be evaluated by equations (1) and (2) as shown in Figure 3 (a).

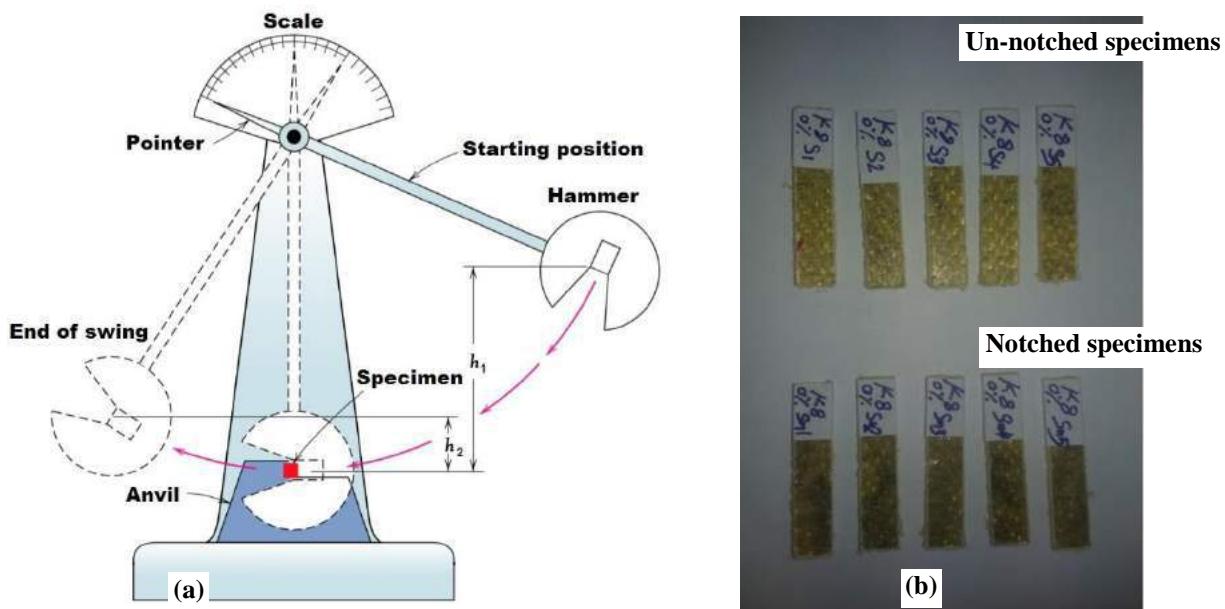
$$E = E_1 - E_2 \quad (1)$$

$$U = E/bh \quad (2)$$

Where  $E$  is the absorbed energy after impact,  $E_1$  and  $E_2$  are initial and final potential energies,  $U$  is the impact strength, and  $b$  and  $h$  are width and thickness of the specimens, respectively. All impact tests were conducted at standard humidity and room temperature. Average values and standard deviations for the absorbed impact energy were used to assess the effect of GNPs inclusion on the impact resistance of composite systems.



**Figure 2. Charpy Impact Test Machine Type Köger 3/70; a) Test Device, b) Notched Sample for Edgewise Impact, c) Un-notched Sample for Flatwise Impact**



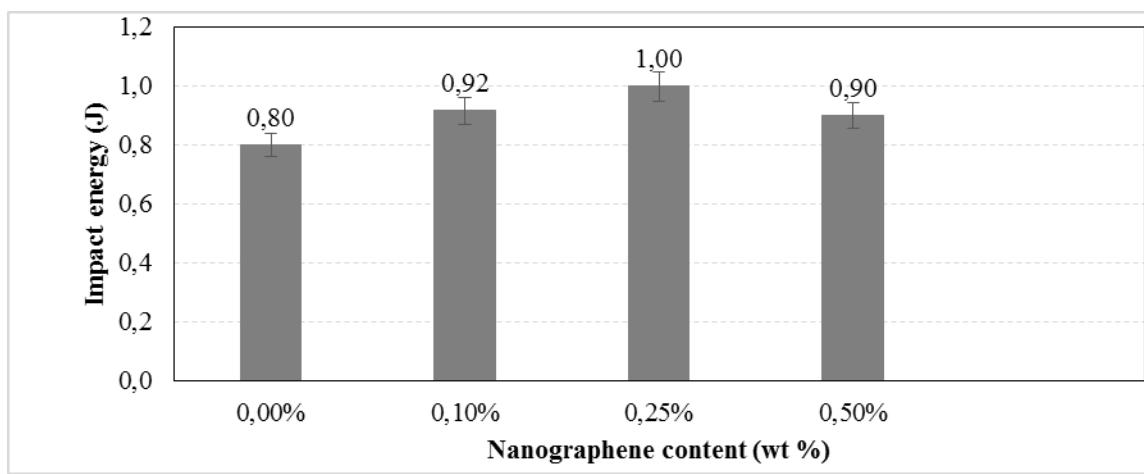
**Figure 3. Illustration of Charpy Impact Test; a) Schematic of Test Machine, b) Test Specimens**

## RESULTS AND DISCUSSION

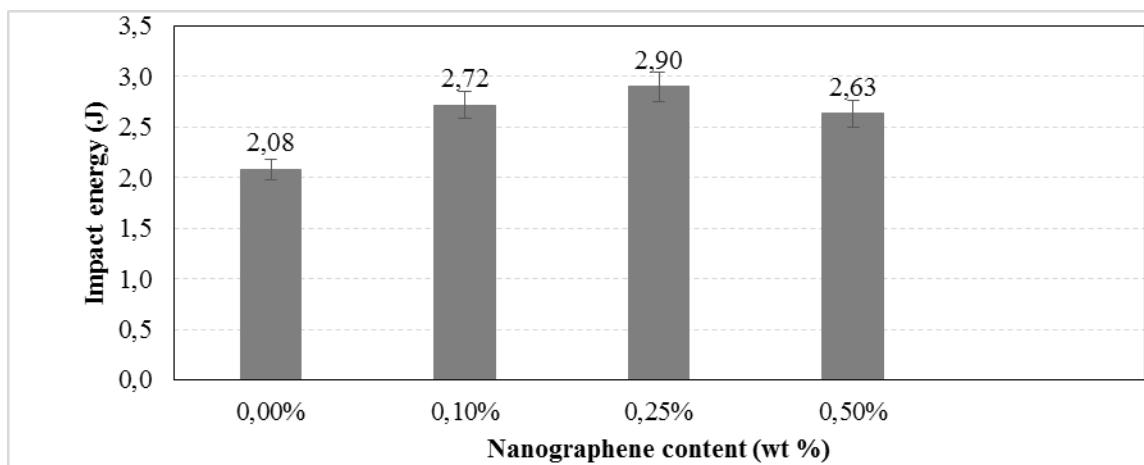
Absorbed energy by hybrid and non-hybrid composite systems was evaluated at fracture point of samples through Charpy impact test. The carbon/epoxy and Kevlar/epoxy non-hybrid composite laminates were tested and compared with the hybrid ones to show the benefit of hybridization technique. The Kevlar/epoxy composite produced an absorbed energy 328.75% higher than that of the carbon/epoxy composite (3.43 with respect to 0.80 J) in case of flatwise test and 195.48% greater than that of the carbon/epoxy composite (3.93 with respect to 1.33 J) in case of edgewise test. The high flexibility and strength of Kevlar fibers could be the reasons behind the high impact strength of Kevlar composites compared to carbon composites which showed small resistance to impact load due to the brittle structure. The experimental analysis of the hybrid composites under flatwise and edgewise impact loads revealed that those hybrid systems absorbed energy more than the carbon/epoxy laminates and less than the Kevlar/epoxy laminates. [K2C4K2] hybrid laminate has shown impact energy higher than that of [C2K4C2] hybrid laminate by 29.8% and 23.55% for flatwise and edgewise cases, respectively. Thus, the benefit of hybridization was quite clear and replacing some carbon fiber layers by Kevlar fiber has presented better properties based impact strength of carbon/ epoxy composites. Beside hybridization technique, use of fillers was adopted in the present study to obtain additional improve in impact resistance of the hybrid and non-hybrid composite systems. Different weight ratios of GNPs were added into epoxy resin matrix in order to show their effects on the impact resistance of laminates. The absorbed impact energy values of composite samples under flatwise impact test are shown in Figures 4 to 7 and Figures 8 to 11 illustrate the absorbed impact energy values of the composite samples under edgewise impact test. All tests were performed at room temperature with a constant impact load of 15 J. It was found that absorbed energy values gradually increased with the addition of GNPs up to 0.25 wt. % and the highest improving of impact energy was determined at 0.25 wt. %. After that more addition of GNPs to 0.5wt. % had reduced the absorbed energy values of the composite test samples and most probable reason for this is particle

agglomeration. Homogenous dispersion is difficult because the large surface area of the particulates induces attractive forces between them, which lead to excessive agglomeration (Zaldivar et al., 2014). At 0.5 wt. % of GNPs, absorbed energy have showed values higher than those of control samples of neat matrices for the case of composite systems of [C8] and [C2K4C2] (Figs. 4, 5, 8 and 9) and lower than those of the control samples for the case of composites of [K8] and [K2C4K2] (Figs. 6, 7, 10 and 11). The improved impact strength can be interpreted by the high adhesion between the fibers and matrices with the presence of GNPs, providing high capacity of energy absorption and improved characteristics in comparison with samples of neat matrices. Thus, the stress transfer across glass-carbon-epoxy system has become more efficient with the inclusion of GNPs and results in higher resistance to impact loads (Varga et al., 2010). Localized delamination with full fiber breakages and separation at the impacted area was the major damage mechanism of all samples reinforced by GNPs. This is an evidence that the impact stress generated at the impact surface was not spread through wide region and the impact energy was absorbed at small area where no delamination was observed along fiber direction of composite laminates. The brittleness of glass-carbon fibers can be the reason for preventing impact stress to spread through big area.

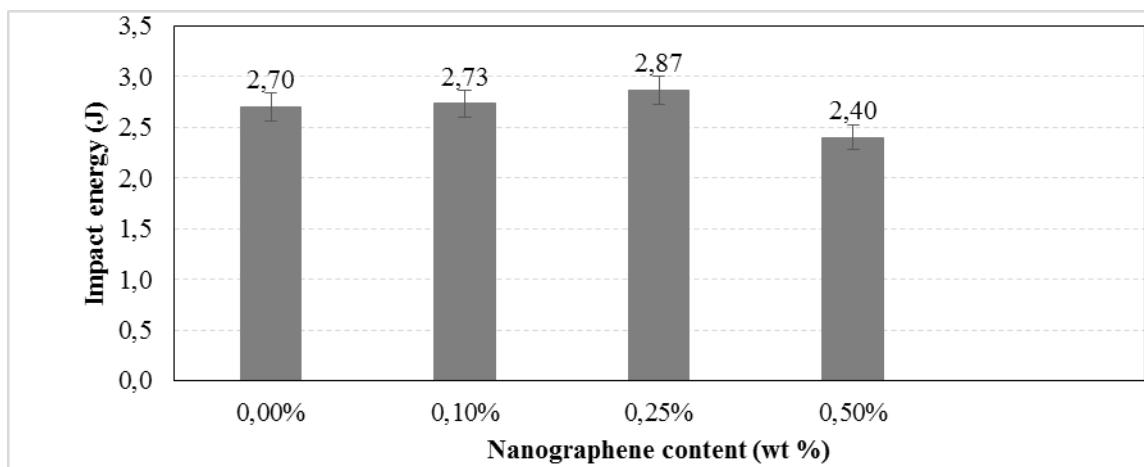
Figure 12 shows the failure modes of composite samples considered in this study. For edgewise impact test, regardless of graphene content, all composite samples containing Kevlar fibers were failed due to severe crack starts at notch point and grows up to impacted edge which resulted in separation along crack path except small part still connected in fiber pull-out mode. While for the composite samples of carbon fiber only, the separation took place completely without any fiber pull-out. For flatwise impact test, regardless of graphene content also, the composites of pure carbon fiber failed as the same way that the notched samples failed. Whereas, the composites containing Kevlar and Kevlar-carbon fibers failed in local damage with moderate fiber pull-out at the back side (un-impacted surface) if Kevlar fiber was considered or with moderate fiber breakage at the back side if carbon fiber was considered.



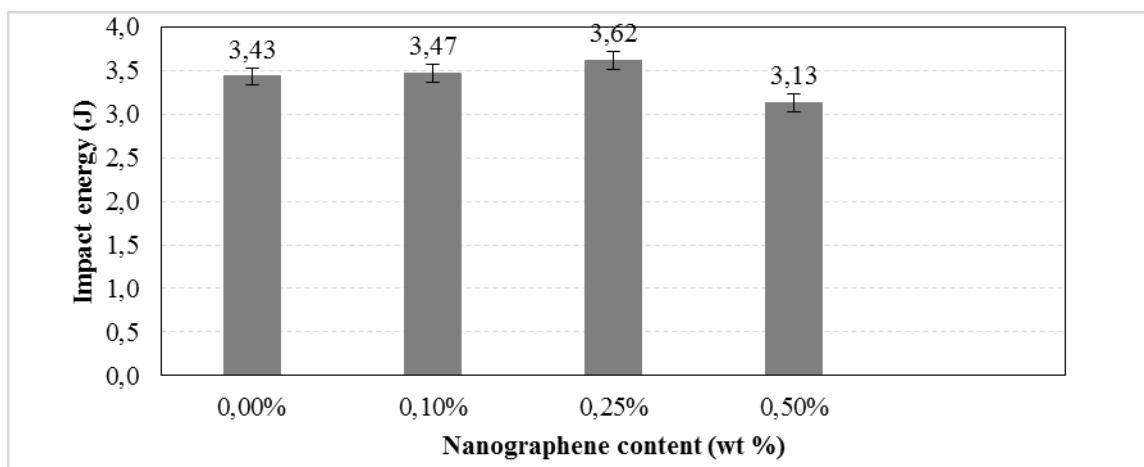
**Figure 4. Impact Energy of [C8] Flatwise Samples with Respect to GNPs Content**



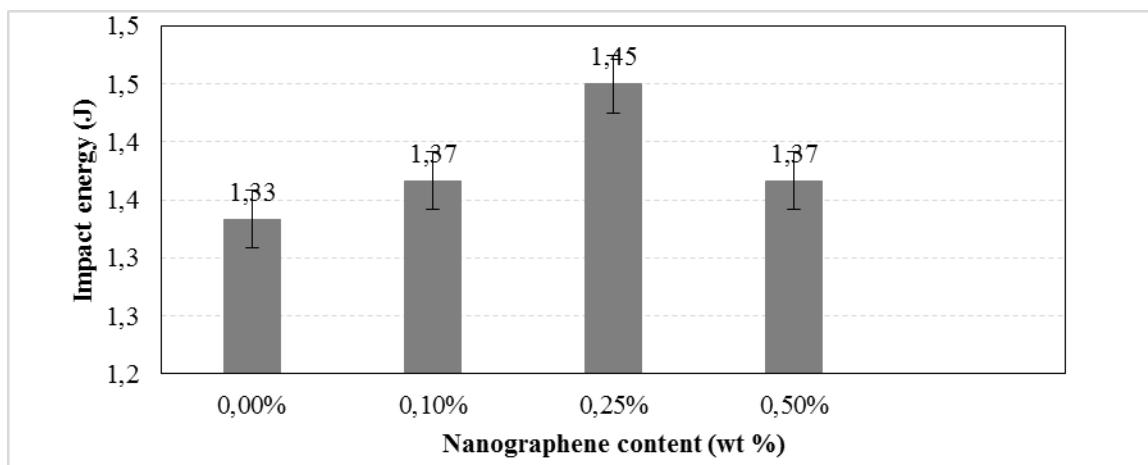
**Figure 5. Impact Energy of [C2K4C2] Flatwise Samples with Respect to GNPs Content**



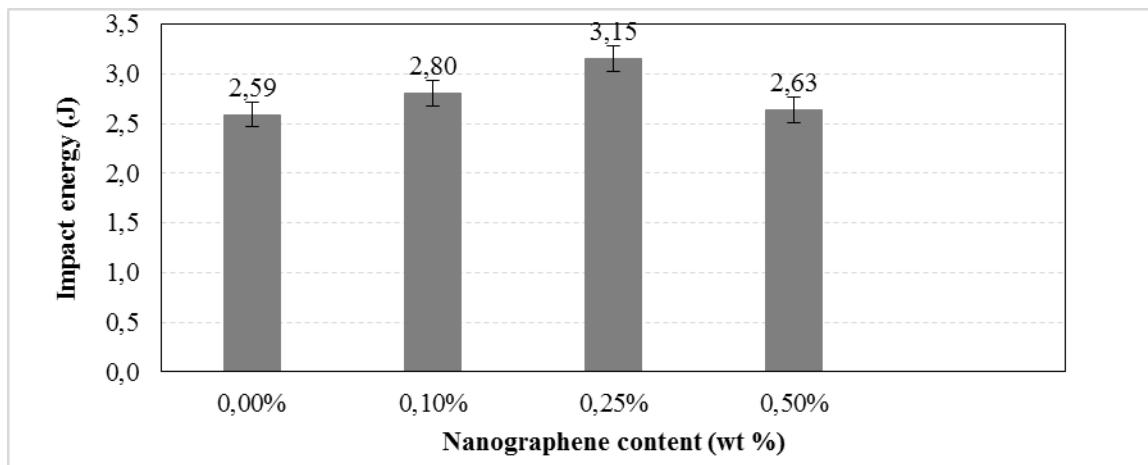
**Figure 6. Impact Energy of [K2C4K2] Flatwise Samples with Respect to GNPs Content**



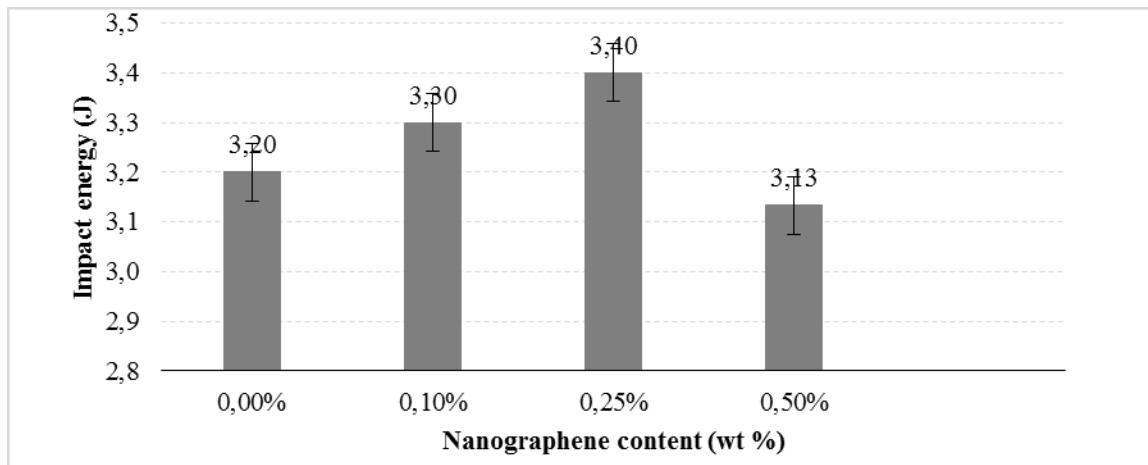
**Figure 7. Impact Energy of [K8] Flatwise Samples with Respect to GNPs Content**



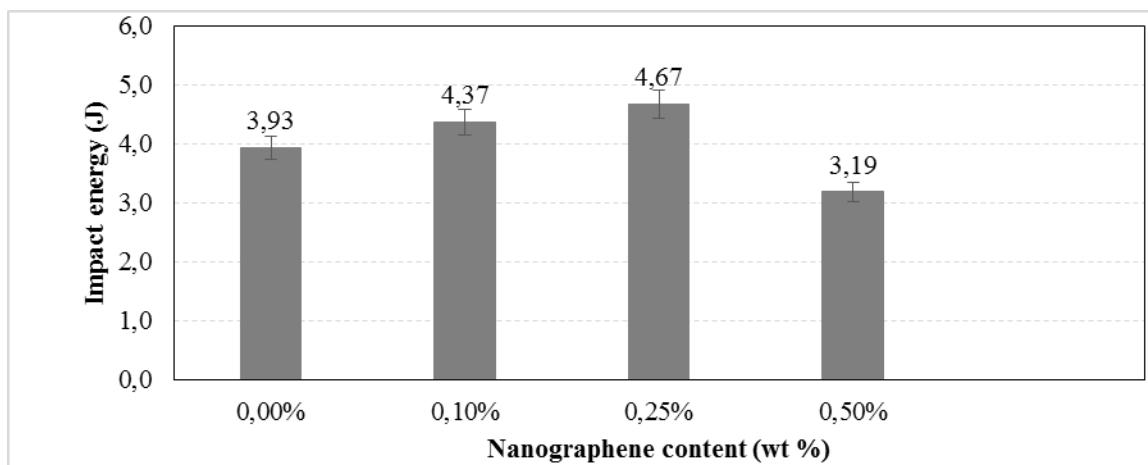
**Figure 8. Impact Energy of [C8] Edgewise Samples with Respect to GNPs Content**



**Figure 9. Impact Energy of [C2K4C2] Edgewise Samples with Respect to GNPs Content**



**Figure 10. Impact Energy of [K2C4K2] Edgewise Samples with Respect to GNPs Content**



**Figure 11. Impact Energy of [K8] Edgewise Samples with Respect to GNP Content**



(a)



(b)



**Figure 12. Failure Mode of Kevlar-Carbon Composites; a) Notched Specimens, b) Un-notched Specimens**

## CONCLUSION

In this study, charpy impact response of Kevlar/epoxy and carbon/epoxy composite laminates was studied beside two hybrid composite systems based on these fibers. Hybridization of carbon composites with Kevlar fiber results in a significant positive effect on the impact response. GNPs were added in order to improve epoxy matrix properties. The addition of nanofillers increased the maximum absorbed energy by the composite systems. From the experimental results, it can be said that adhesion characteristics of epoxy resin enhanced with the inclusion of GNPs, providing higher impact resistance. It was observed that impact energy of composite samples increased with the increase of GNPs amount up to 0.25 wt. %, then, a reduction trend of absorbed energy has occurred with more addition of GNPs as 0.5 wt. %. The maximum improving in impact energy was resulted when GNPs added by 0.25 wt. % for both cases of flatwise and edgewise impact test.

## REFERENCES

- Arun, K. V., Basavarajappa, S., & Sherigara, B. S. (2010). Damage characterisation of glass/textile fabric polymer hybrid composites in sea water environment. *Materials & Design*, 31(2), 930-939.
- Balandin, A. A., Ghosh, S., Bao, W., Calizo, I., Teweldebrhan, D., Miao, F., & Lau, C. N. (2008). Superior thermal conductivity of single-layer graphene. *Nano letters*, 8(3), 902-907.
- Boehm, H. P. (2010). Graphene—how a laboratory curiosity suddenly became extremely interesting. *Angewandte Chemie International Edition*, 49(49), 9332-9335.
- Chamis, C. C., Hanson, M. P., & Serafini, T. T. (1972, January). Impact resistance of unidirectional fiber composites. In Composite Materials: Testing and Design (Second Conference). ASTM International.
- Du, X., Zhou, H., Sun, W., Liu, H. Y., Zhou, G., Zhou, H., & Mai, Y. W. (2017). Graphene/epoxy interleaves for delamination toughening and monitoring of crack damage in carbon fibre/epoxy composite laminates. *Composites Science and Technology*, 140, 123-133.
- Dutra, R. C. L., Soares, B. G., Campos, E. A., & Silva, J. L. G. (2000). Hybrid composites based on polypropylene and carbon fiber and epoxy matrix. *Polymer*, 41(10), 3841-3849.
- Ellis, R. L. (1996). Ballistic impact resistance of graphite epoxy composites with shape memory alloy and extended chain polyethylene spectra hybrid components, [electronic resource] (Master's thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University).
- Farrash, S. M. H., Shariati, M., & Rezaeepazhand, J. (2017). The effect of carbon nanotube dispersion on the dynamic characteristics of unidirectional hybrid composites: An experimental approach. *Composites Part B: Engineering*, 122, 1-8.
- Fidan, S., Sinmazçelik, T., & Avcu, E. (2012). Internal damage investigation of the impacted glass/glass+ aramid fiber reinforced composites by micro-computerized tomography. *NDT & E International*, 51, 1-7.
- Giannelis, E. P. (1996). Polymer layered silicate nanocomposites. *Advanced materials*, 8(1), 29-35.



- Harris, B., & Bunsell, A. R. (1975). Impact properties of glass fibre/carbon fibre hybrid composites. *Composites*, 6(5), 197-201.
- Hosseinzadeh, R., Shokrieh, M. M., & Lessard, L. (2006). Damage behavior of fiber reinforced composite plates subjected to drop weight impacts. *Composites science and technology*, 66(1), 61-68.
- Hosur, M. V., Adbullah, M., & Jeelani, S. (2005). Studies on the low-velocity impact response of woven hybrid composites. *Composite Structures*, 67(3), 253-262.
- Iqbal, K., Khan, S. U., Munir, A., & Kim, J. K. (2009). Impact damage resistance of CFRP with nanoclay-filled epoxy matrix. *Composites Science and Technology*, 69(11), 1949-1957.
- Kang, W. S., Rhee, K. Y., & Park, S. J. (2016). Thermal, impact and toughness behaviors of expanded graphite/graphite oxide-filled epoxy composites. *Composites Part B: Engineering*, 94, 238-244.
- Kim, J. K., Sham, M. L., Sohn, M. S., & Hamada, H. (2001). Effect of hybrid layers with different silane coupling agents on impact response of glass fabric reinforced vinylester matrix composites. *Polymer*, 42(17), 7455-7460.
- Komarneni, S. (1992). Nanocomposites. *Journal of Materials Chemistry*, 2(12), 1219-1230.
- Kostopoulos, V., Baltopoulos, A., Karapappas, P., Vavouliotis, A., & Paipetis, A. (2010). Impact and after-impact properties of carbon fibre reinforced composites enhanced with multi-wall carbon nanotubes. *Composites Science and Technology*, 70(4), 553-563.
- Landrock, A. H. (1995). Handbook of plastic foams: types, properties, manufacture and applications. Elsevier.
- Lee, C., Wei, X., Kysar, J. W., & Hone, J. (2008). Measurement of the elastic properties and intrinsic strength of monolayer graphene. *Science*, 321(5887), 385-388.
- Luo, J. J., & Daniel, I. M. (2003). Characterization and modeling of mechanical behavior of polymer/clay nanocomposites. *Composites science and technology*, 63(11), 1607-1616.
- Mittal, G., Rhee, K. Y., Park, S. J., & Hui, D. (2017). Generation of the pores on graphene surface and their reinforcement effects on the thermal and mechanical properties of chitosan-based composites. *Composites Part B: Engineering*, 114, 348-355.
- Muhi, R. J., Najim, F., & de Moura, M. F. (2009). The effect of hybridization on the GFRP behavior under high velocity impact. *Composites Part B: Engineering*, 40(8), 798-803.
- Novak, R. C., & DeCrescente, M. A. (1972, January). Impact behavior of unidirectional resin matrix composites tested in the fiber direction. In Composite Materials: Testing and Design (Second Conference). ASTM International.
- Park, R., & Jang, J. (1998). The effects of hybridization on the mechanical performance of aramid/polyethylene intraply fabric composites. *Composites Science and Technology*, 58(10), 1621-1628.
- Rahman, M. M., Hosur, M., Hsiao, K. T., Wallace, L., & Jeelani, S. (2015). Low velocity impact properties of carbon nanofibers integrated carbon fiber/epoxy hybrid composites manufactured by OOA-VBO process. *Composite Structures*, 120, 32-40.
- Ramos, V. D., da Costa, H. M., Soares, V. L., & Nascimento, R. S. (2005). Hybrid composites of epoxy resin modified with carboxyl terminated butadiene acrylonitrile copolymer and fly ash microspheres. *Polymer Testing*, 24(2), 219-226.
- Saber-Samandari, S., Khatibi, A. A., & Basic, D. (2007). An experimental study on clay/epoxy nanocomposites produced in a centrifuge. *Composites Part B: Engineering*, 38(1), 102-107.



- Salehi-Khojin, A., Bashirzadeh, R., Mahinfalah, M., & Nakhaei-Jazar, R. (2006). The role of temperature on impact properties of Kevlar/fiberglass composite laminates. *Composites Part B: Engineering*, 37(7), 593-602.
- Schniepp, H. C., Li, J. L., McAllister, M. J., Sai, H., Herrera-Alonso, M., Adamson, D. H., & Aksay, I. A. (2006). Functionalized single graphene sheets derived from splitting graphite oxide. *The Journal of Physical Chemistry B*, 110(17), 8535-8539.
- Segal, M. (2009). Selling graphene by the ton. *Nature nanotechnology*, 4(10), 612-614.
- Shen, H. S., Xiang, Y., Lin, F., & Hui, D. (2017). Buckling and postbuckling of functionally graded graphene-reinforced composite laminated plates in thermal environments. *Composites Part B: Engineering*, 119, 67-78.
- Shyr, T. W., & Pan, Y. H. (2004). Low velocity impact responses of hollow core sandwich laminate and interply hybrid laminate. *Composite Structures*, 64(2), 189-198.
- Stankovich, S., Dikin, D. A., Piner, R. D., Kohlhaas, K. A., Kleinhammes, A., Jia, Y., & Ruoff, R. S. (2007). Synthesis of graphene-based nanosheets via chemical reduction of exfoliated graphite oxide. *Carbon*, 45(7), 1558-1565.
- Thanomsilp, C., & Hogg, P. J. (2003). Penetration impact resistance of hybrid composites based on commingled yarn fabrics. *Composites Science and Technology*, 63(3), 467-482.
- Varga, C., Miskolczi, N., Bartha, L., & Lipóczki, G. (2010). Improving the mechanical properties of glass-fibre-reinforced polyester composites by modification of fibre surface. *Materials & Design*, 31(1), 185-193.
- Wan, Y. Z., Wang, Y. L., He, F., Huang, Y., & Jiang, H. J. (2007). Mechanical performance of hybrid bismaleimide composites reinforced with three-dimensional braided carbon and Kevlar fabrics. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 38(2), 495-504.
- Wong, W., Horsfall, I., Champion, S. M., & Watson, C. H. (2001, May). The effect of matrix type on the ballistic and mechanical performance of E-glass composite armour. In 19th International symposium of Ballistic (pp. 7-11).
- Zakaria, M. R., Kudus, M. H. A., Akil, H. M., & Thirmizir, M. Z. M. (2017). Comparative study of graphene nanoparticle and multiwall carbon nanotube filled epoxy nanocomposites based on mechanical, thermal and dielectric properties. *Composites Part B: Engineering*, 119, 57-66.
- Zaldivar, R. J., Adams, P. M., Kim, H. I., Nokes, J. P., & Patel, D. N. (2014). Strength improvements in toughened epoxy composites using surface treated GnPs. *Journal of Applied Polymer Science*, 131(18), 1-7.
- Zhang, B., Asmatulu, R., Soltani, S. A., Le, L. N., & Kumar, S. S. (2014). Mechanical and thermal properties of hierarchical composites enhanced by pristine graphene and graphene oxide nanoinclusions. *Journal of Applied Polymer Science*, 131(19), 1-8.



## EFFECT OF GRAPHENE NANO-PLATELETS ON IMPACT PROPERTIES OF CARBON-GLASS COMPOSITES

Ahmet Erkliğ

University of Gaziantep, Department of Mechanical Engineering

erklig@gantep.edu.tr

Bashar Ridha Younus

University of Technology, Energy and Renewable Energies Technology Center

bashar.aqidi@gmail.com

Omar Abdulrahman Abood Al-dulaimi

Iraqi Ministry of Education, Educational Directorate of Al-Anbar

o\_dulaimy@yahoo.com

Bahjat Hardan Sulaiman

University of Anbar, College of Engineering

bahjat.sulaman@gmail.com

**ABSTRACT:** Controllable assembly of the hybrids composed of various types of nanoscale objects provides new opportunities for material fabrication. This paper investigated the influence of Graphene Nano-platelets (GNPs) inclusion on impact resistance of carbon and glass fiber/epoxy hybrid and non-hybrid composite laminates. Different weight ratios of GNPs (0.1, 0.25 and 0.5 %wt.) were used for this purpose. Impact characteristics of the prepared samples with and without GNPs fillers were studied comparatively. The experimental results showed that the inclusion of GNPs fillers has a considerable effect on the impact strength of carbon and glass fiber/epoxy composites. The improved strength might be due to high bonding strength at the interphase between GNPs-epoxy-fiber interactions.

**Keywords:** Graphene Nano-platelets, carbon fiber, glass fiber, hybrid composite, impact.

## INTRODUCTION

Due to their high specific strength and stiffness, fiber reinforced polymer composites have been increasingly in applications like in the aerospace or aeronautics industries. Carbon fibers attract high interest because of their superior strength and modulus, low density and reasonable cost (Cai and Aref, 2015; Lou et al., 2014). However, the use of conventional carbon composites may be hindered by the potential weak off-axis strength properties and poor crack resistance and delamination (Rahman et al., 2012; Song et al., 2013; Boroujeni et al., 2014; Rhee et al., 2012). Furthermore, carbon reinforced polymer composites still do not meet particular demands for applications in specific harsh environments that require both high electrical conductivity and high toughness.

Hybrid composites have received great research interest for the capabilities of achieving tailored material properties. Hybrid composite is made by reinforcing a common matrix; often by carbon and glass fibers. Although carbon fibers are well known for high strength,



they have low strain-to-failure because of their high stiffness. Compared to carbon fibers, glass fibers have much higher strain-to-failure due to their lower modulus. From this point, it is possible to increase the strain-to-failure by substitution of carbon fibers for glass fibers (Dong, 2016). Until recently, a number of research studies have been carried out to enhance the properties as well as reduce the cost of the carbon fiber reinforced polymer composites. Poyyathappan et al. (2014) indicated that the tensile strength of the hybrid composites performed better than plain-woven fiber reinforced plastic (FRP) composites. Besides that, Zhang et al. (2012) have conducted research on the tensile, flexural and compressive responses of woven hybrid composites by using different arrangement and glass/carbon ratio. The results showed that the ratios of glass/carbon FRP composites in 50:50 have improved the tensile, flexural and compressive strength effectively.

Recently, fiber reinforced polymer composites incorporating nanoparticles have triggered considerable interest due to the potential extensive applications that conventional fiber reinforced polymer composites cannot offer (Zaldivar et al., 2014; Scholz and Kroll, 2014; Kim et al., 2011). Carbon-filled polymer composites are often used in aircraft. Because of their relatively high-specific (per unit mass) mechanical properties, they are often used as structural components in fuselages and control surfaces in subsonic fixed-wing aircraft. Epoxy is sometimes used as a matrix material in these composites.

Graphene nanoplatelets (GNPs) are new carbon materials that have recently been developed (Fukushima et al., 2006; Kalaitzidou et al., 2007). GNPs are also considerably less expensive than carbon nanotubes with equivalent properties, making them more marketable for use in composite hardware (Li and Zhong, 2011). GNPs, particles made of a few graphene layers stacked together in a platelet morphology, have emerged as a potential candidate for obtaining functional and structural composite materials with improved properties due to their superior mechanical properties such as modulus and strength, excellent electrical conductivity, good thermal conductivity and low cost (Wu and Drzal, 2012; Park et al., 2014; Lu et al., 2014; Lee et al., 2013). One of the most important parameters in manufacturing GNPs filled composites is the quality of the GNPs dispersion. The intrinsic Van der Waals interactions existing between graphene nanoplatelets force them to aggregate, contributing to the development of local stress when an external force is applied on the composite part. This can significantly affect the strength of the composite. Zhang et al., 2012 reported that the degree of GNPs dispersion in a fiber sizing solution strongly influenced the mechanical properties of the composites. The addition of GNPs in fiber reinforced composites attracted some interest recently (Cho et al., 2007; Huang et al., 2013), especially in terms of mechanical and electrical properties. It was reported that it could also prevent the delamination/buckling of the fibers (Yavari et al., 2010), and promote the redistribution of stresses around cracks starting near the fiber surface, thereby delaying the crack propagation in the interphase region (Zhang et al., 2012).

The aim of this investigation is to investigate the effect of GNPs on the impact resistance of carbon and glass fiber/epoxy hybrid and non-hybrid composite laminates through Charpy impact test. The impact resistance of the Nano composites was studied comparatively at different weight ratios of GNPs in the epoxy matrix. After mechanical tests, failure modes and absorbed energy values were presented for each weight ratio of GNPs within different configurations of fiber/epoxy composite with some conclusions.



## MATERIALS

Plain woven S-glass fabric with an areal density of 200 g/m<sup>2</sup> and carbon fabric having 200 g/m<sup>2</sup> areal density were supplied from DOST Chemical Industrial Raw Materials Industry, Turkey. Epoxy of type MOMENTIVE-MGS L160 and conjugated hardener (MOMENTIVE-MGS H260S) were supplied from DOST Chemical Industrial Raw Materials Industry, Turkey. Graphene Nano fillers were supplied from Grafnano Teknolojik Malzemeler Company. It looks like a black and grey powder, and has bulk density of about 0.05 g/cm<sup>3</sup>, purity of 99.5%, 5 µm diameter of particle, specific surface area of 150 m<sup>2</sup>/g, and thickness of 5-8 nm, as well as Raman spectra ID/IG Ratio of 0.08 and XRD 2-theta of 26 °C peak. Table 1 shows physical properties of S-glass and carbon fibers as well as epoxy resin.

**Table 1. Physical Properties of Fibers and Epoxy Resin**

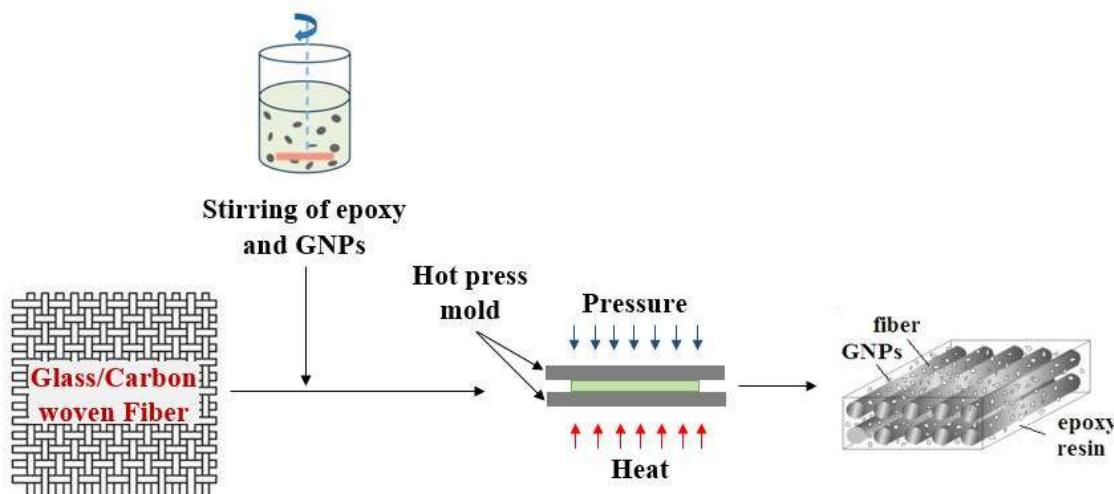
<b>Porperty</b>	<b>S-glass fiber</b>	<b>Carbon fiber</b>	<b>Epoxy resin</b>
<b>Density (g/cm<sup>3</sup>)</b>	200	200	1.18 – 1.20
<b>Thickness (mm)</b>	0.15	≈ 0.2	–
<b>Tensile strength (MPa)</b>	3000-5000	2500-3000	70 – 80
<b>Elastic modulus (GPa)</b>	72-82	200-700	3.2 – 3.5

## METHODS

Glass/carbon hybrid and non-hybrid composite laminates were fabricated using hand lay-up method. These laminates were further developed by GNPs fillers. The impact resistance of those laminates was measured through charpy impact test.

## Fabrication of Composite Laminates

The matrix of un-particulate composite laminates was based on epoxy and hardener with a weight ratio of 100:28. Then, in case of particulate composite, GNPs filler was added into epoxy by 0.1, 0.25 and 0.5 wt. % and stirred for about 20 min without hardener in order to reach good distribution of GNPs particles, and after that the hardener was added and stirring process was continued for extra 3 min. Hand lay-up method was used to produce the composites. The resin mixture was applied on fabrics between fiber layers up to 8 layers with [0/90] lay-up sequence. A roller was used to distribute the resin mixture all over the fiber layer in order to get good wetting of fibers, and this step was repeated for each fiber layer up to last one. A hot mold press with two flat surfaces was used to compress the composite laminates in order to eliminate voids within matrix and to unite thickness throughout the laminates. Hence, the composite laminate was subjected to pressure of 0.4 MPa and left 1 h for curing with 80 °C temperature. The composite laminates were in four different configurations of eight plies of carbon and glass fibers as [C8], [C2G4C2], [G2C4G2] and [G8] where C and G refer to carbon and glass fabrics, respectively. The measured thickness of composites was 1.6 ± 0.1, 2.1 ± 0.1 and 2 ± 0.2 mm for [G8], [C8], [C2G4C2], and [G2C4G2], respectively. Figure 1 shows the fabrication process of carbon-glass/GNPs Nano composites.



**Figure 1. Fabrication Process of Composite Laminates**

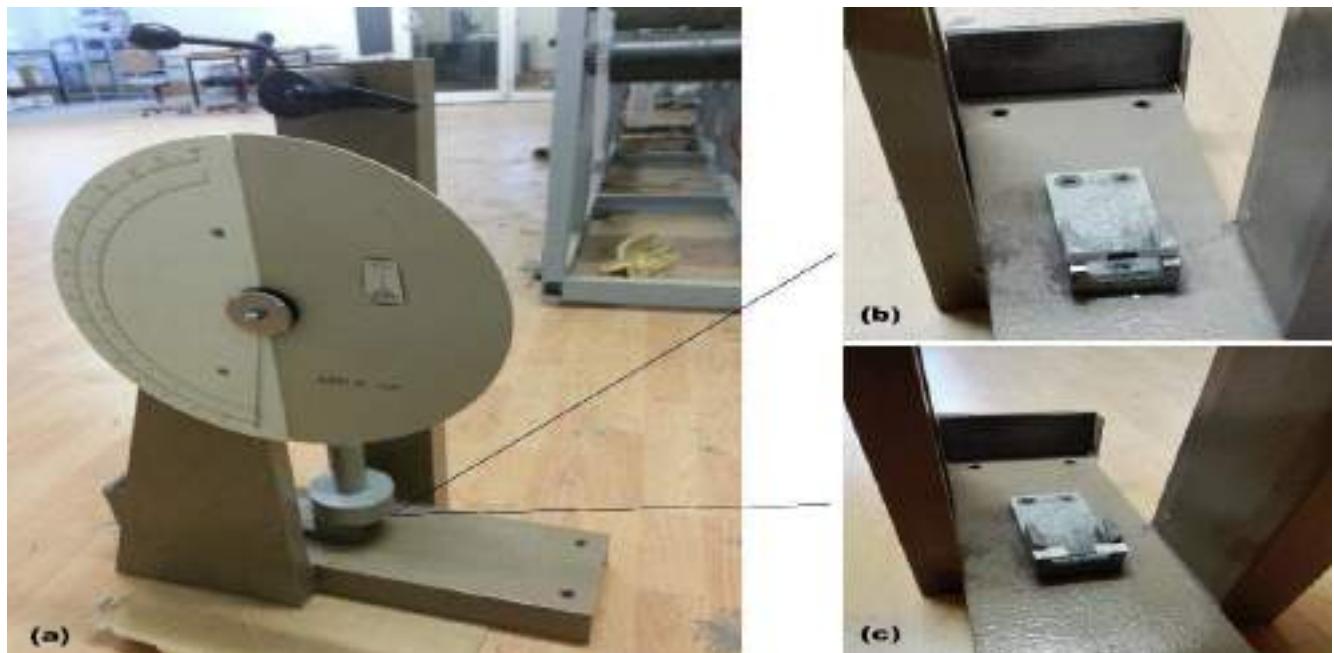
#### **Mechanical Test**

Charpy impact test was conducted according to ISO 179/92 standard using Köger 3/70 Charpy impact test machine with a 15 J Hammer (Fig. 2 (a)). The notched and un-notched specimens (Fig. 3 (b)) were cut from composite laminates in dimensions of 55 mm × 10 mm according to the standard of ISO 179/92. These specimens were subjected to flatwise and edgewise impact loadings, respectively. Figure 2 (b) and (c) illustrate the test sample position under flatwise and edgewise impact test. Absorbed energy values were measured under the constant impact energy and impact strength absorbed energy of the specimens can be calculated by equations (1) and (2) as illustrated in Figure 3 (a).

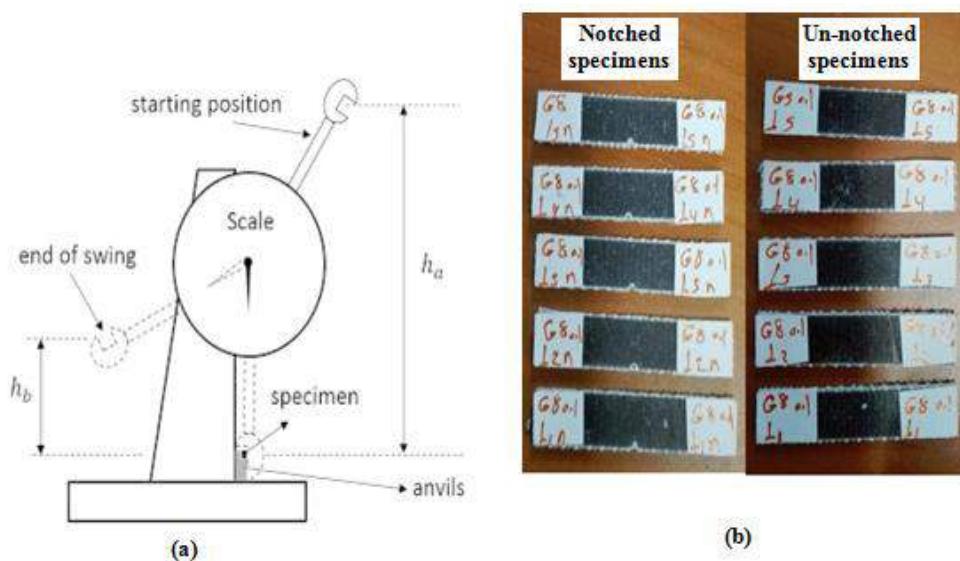
$$E = E_a - E_b \quad (1)$$

$$U = E/bh \quad (2)$$

Where  $E$  is the absorbed energy after impact,  $E_a$  and  $E_b$  are initial and final potential energies,  $U$  is the impact strength, and  $b$  and  $h$  are width and thickness of the specimens, respectively. Average values and standard deviations for the absorbed impact energy were used to assess the effect of GNPs inclusion.



**Figure 2. Köger 3/70 Charpy Impact Test Machine; a) The Calibrated Dial, b) Un-notched Specimen for Flatwise Test, c) Notched Specimen for Edgewise Test**



**Figure 3. Illustration of Charpy Impact Test; a) Schematic of Charpy Test Device, b) Test Specimens**

## RESULTS AND DISCUSSION

Impact resistance of the designed composites was determined by absorbed energy at the fracture point of samples using Charpy impact test. The glass/epoxy and carbon/epoxy composite samples were tested to show their performance and compare them with the



hybridization states. The glass/epoxy laminate showed an energy absorption as 103.75% greater than that of the carbon/epoxy laminate (1.63 with respect to 0.80 J) for the case of flatwise impact and 35.33% higher than that of the carbon/epoxy laminate (1.8 with respect to 1.33 J) for the case of edgewise impact. It may be attributed to the brittle structure of carbon fabrics or less hardness of woven glass fabrics as compared with carbon fabrics. Both analyses (flatwise and edgewise) of the hybrid composites showed absorbed energy values between those of the glass/epoxy and carbon/epoxy laminates. [C2G4C2] hybrid laminate showed lower impact energy than that of [G2C4G2] hybrid laminate by 22.4% and 2.3% for flatwise and edgewise, respectively. Thus, the presence of glass fiber in a common matrix significantly enhanced the impact resistance of carbon fiber composite. On the other hand, the addition of different amounts of GNPs into the epoxy matrix had positively affected the impact resistance of considered composite laminates. Figures 4 to 7 show the absorbed impact energy values of flatwise test samples and Figures 8 to 11 show the absorbed impact energy values of edgewise test samples all subjected to 15 J impact energy at room temperature. It is obvious that impact energy a bit increased with the addition of GNPs by 0.1 wt. %, then this increase was continued with more addition of GNPs to 0.25% which resulted in highest improving of absorbed energy. After that the addition of GNPs by 0.5% led to decrease the absorbed energy of the composite samples. Absorbed energy at GNPs loading of 0.5 wt. % showed higher values compared with control samples of neat matrices except for those of the [G2C4G2] configuration which had values less than those of control samples (Figs. 6 and 10). The increase in impact energy was attributed to the perfect adhesion between the fabrics and matrices via GNPs, providing more energy absorption capability and improved properties compared with control samples. Hence, better load transfer between glass-carbon fibers and matrices was achieved due the presence of GNPs within epoxy making the composites withstand higher impact loadings (Varga et al., 2010).

Localized fracture with full fiber breakages and separation at the impacted area was the major damage mechanism for all samples (Fig. 12) except those composed of glass fiber with pure epoxy matrix [G8]. This evidence states that the impact stress generated at the impact surface was not spread through wide region and the impact energy was absorbed by small area where no delamination was observed along fiber direction of composite laminates. The brittleness of glass-carbon fibers can be the reason for preventing impact stress to spread through big area. For [G8] composites without GNPs fillers, they were found to be fractured with localized damages with a bit fiber delamination were no separation was observed (Fig.12). This failure mechanism may be attributed to low brittleness of glass fibers compared to carbon fibers.

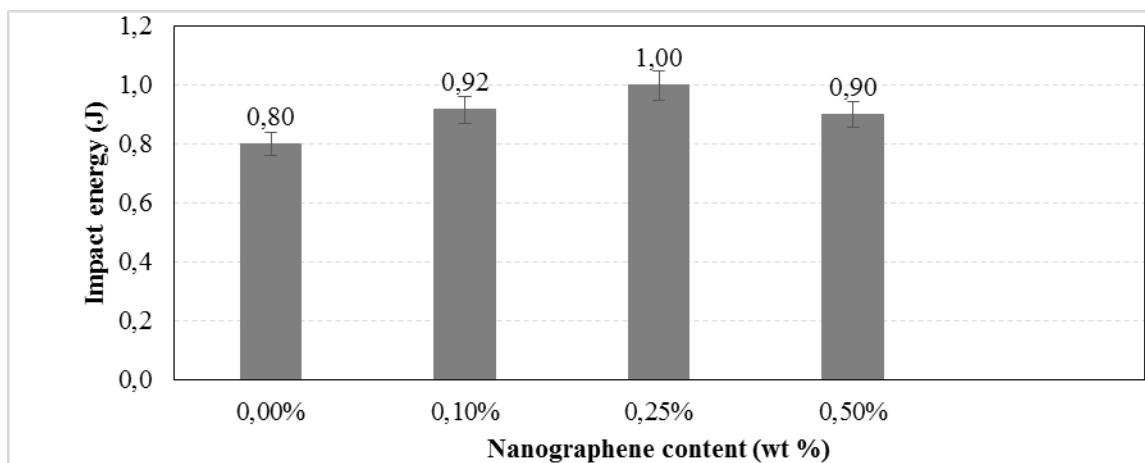


Figure 4. Impact Energy of [C8] Flatwise Samples with Respect to GNPs Content

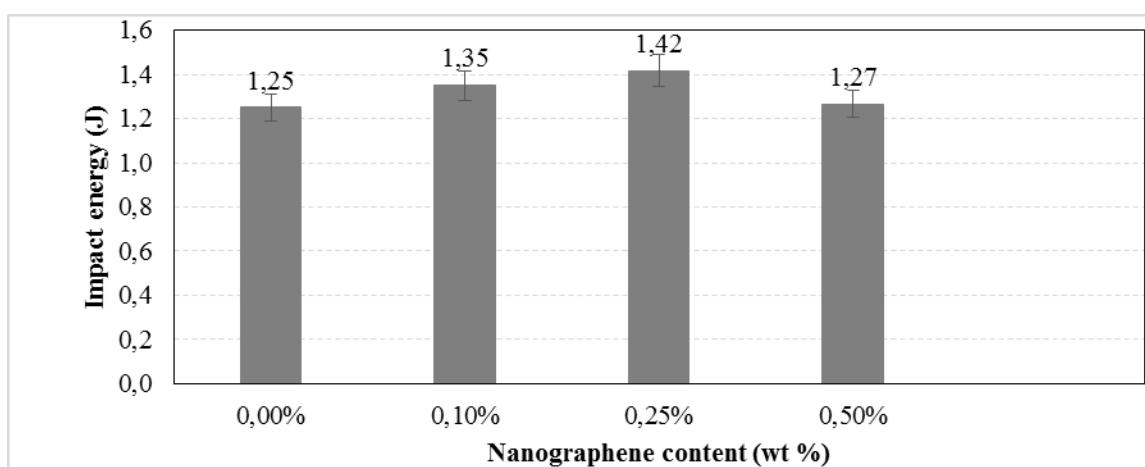


Figure 5. Impact Energy of [C2G4C2] Flatwise Samples with Respect to GNPs Content

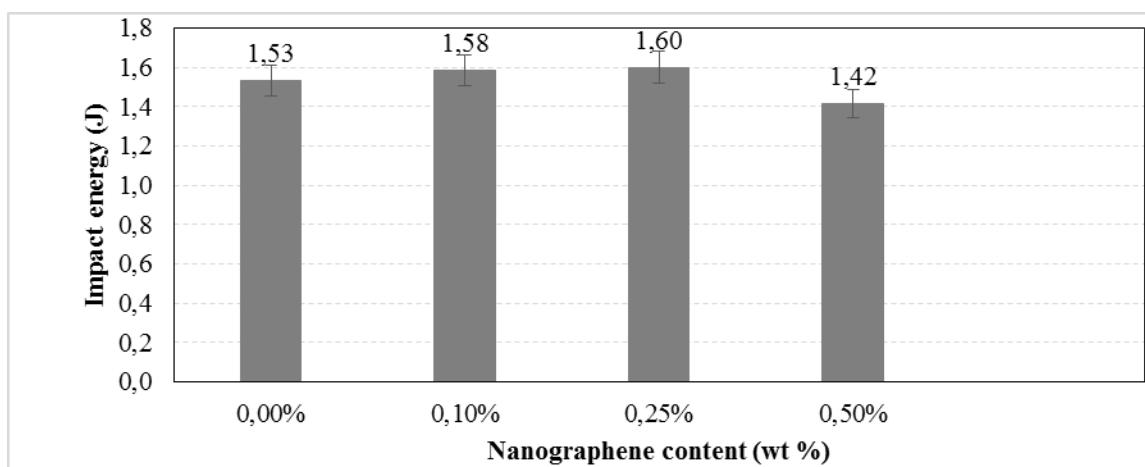


Figure 6. Impact Energy of [G2C4G2] Flatwise Samples with Respect to GNPs Content

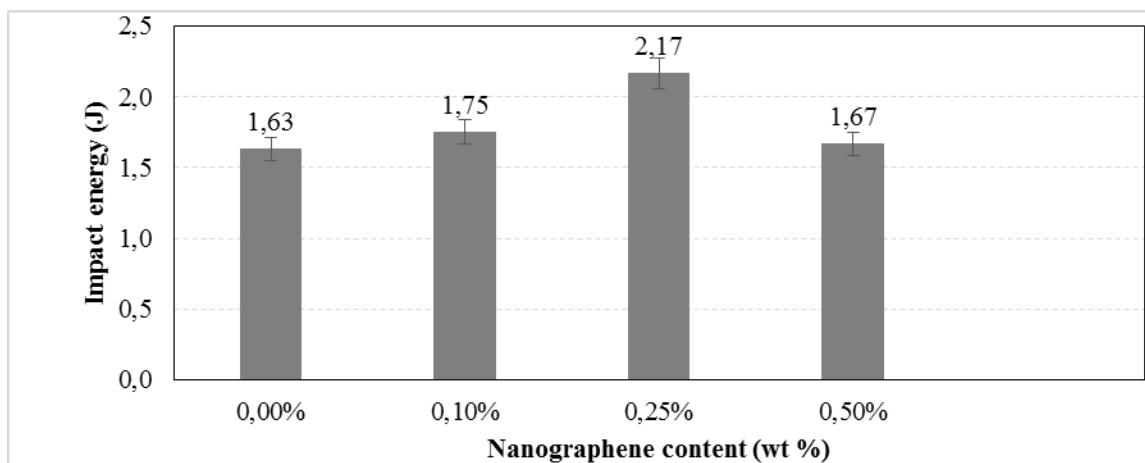


Figure 7. Impact Energy of [G8] Flatwise Samples with Respect to GNPs Content

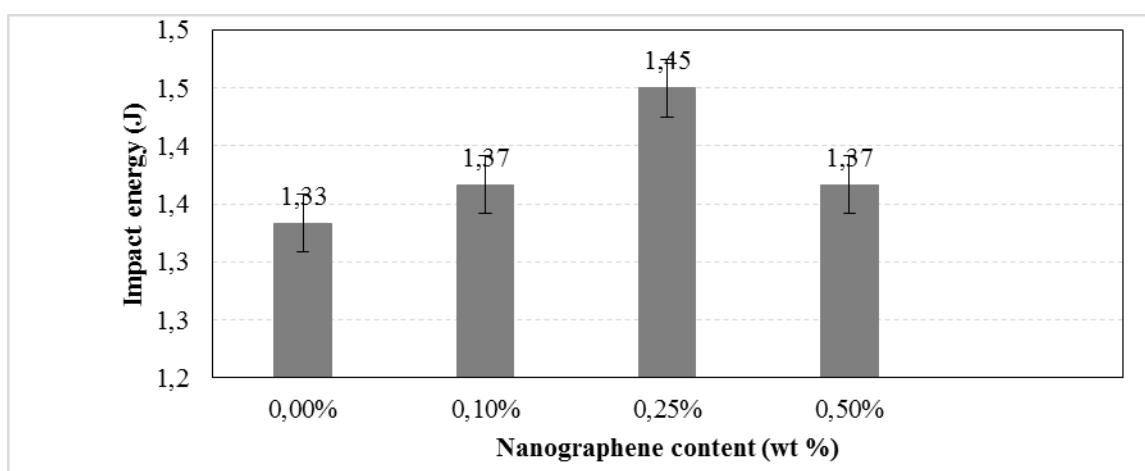


Figure 8. Impact Energy of [C8] Edgewise Samples with Respect to GNPs Content

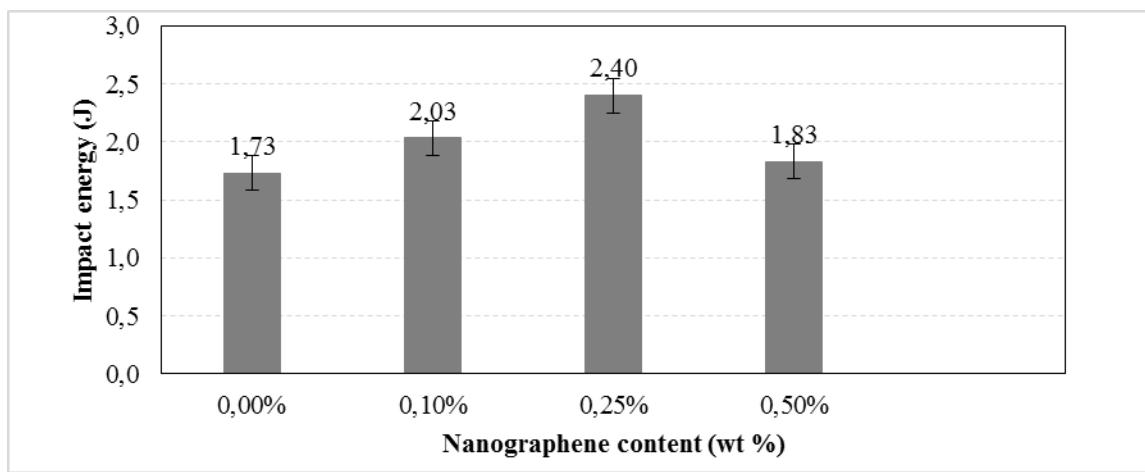


Figure 9. Impact Energy of [C2G4C2] Edgewise Samples with Respect to GNPs Content

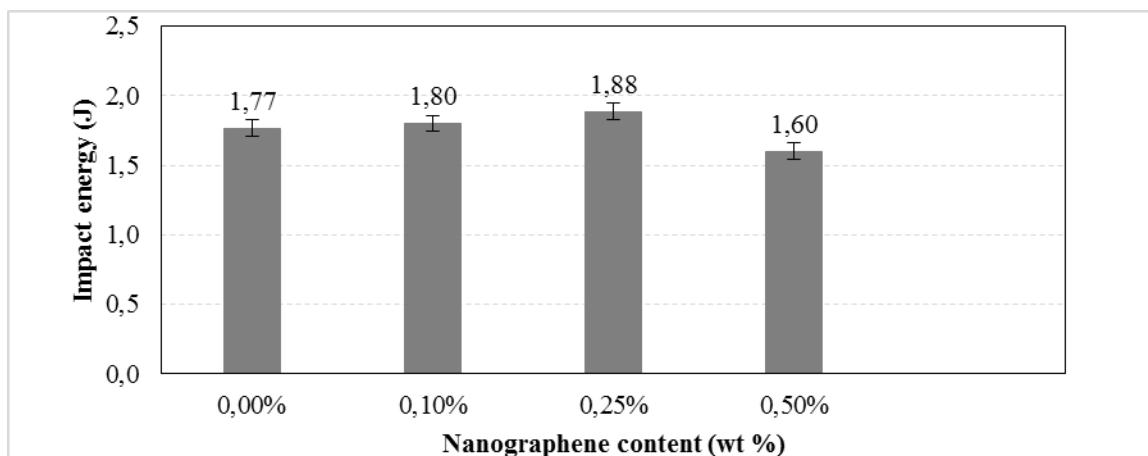


Figure 10. Impact Energy of [G2C4G2] Edgewise Samples with Respect to GNPs Content

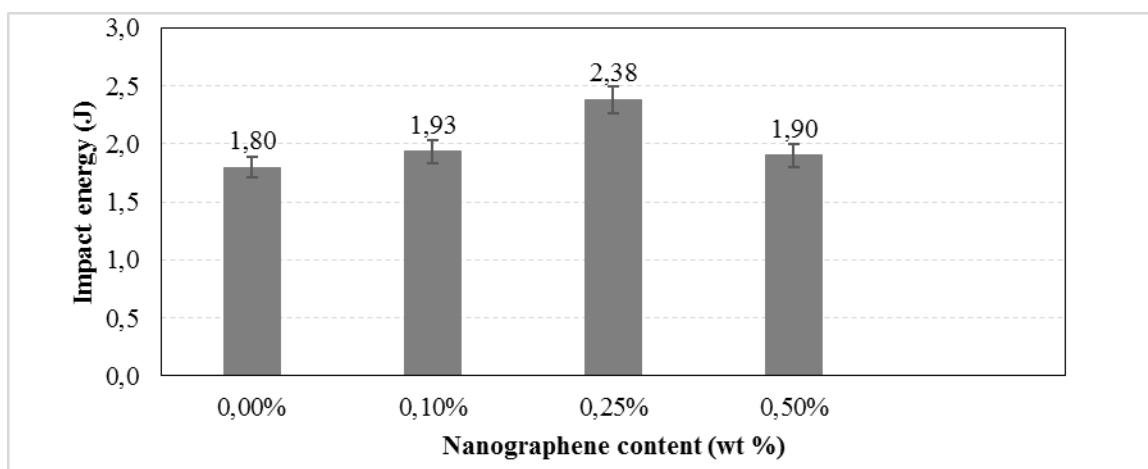


Figure 11. Impact Energy of [G8] Edgewise Samples with Respect to GNPs Content

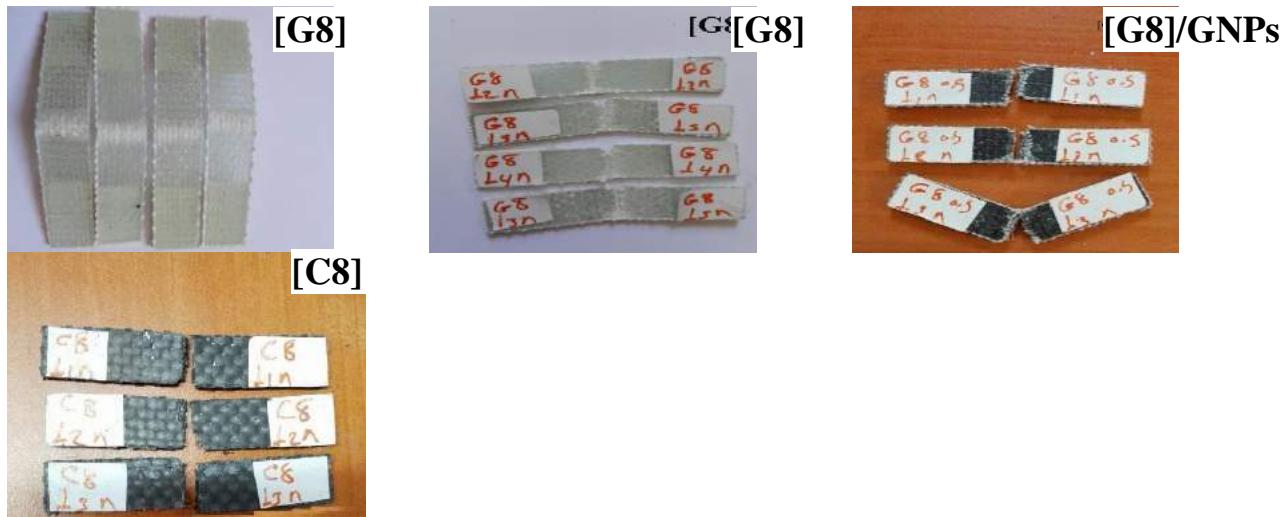




Figure 12. Fracture Mechanism of Composite Samples with Different Configurations

## CONCLUSION

In the present investigation, impact properties of glass-carbon/epoxy composite laminates were studied with the inclusion of different amounts of GNPs in the epoxy matrix. The experimental results showed that adding small amount of GNPs into the epoxy resin increased the impact resistance of glass-carbon/epoxy composites. This implies that good interfacial bonding at interaction of the GNPs, fibers and epoxy was achieved resulting in higher impact strength. It was noticed that composite samples have produced higher absorbed energy with the addition of GNPs up to 0.25 wt. %, then the absorption of impact energy by the composite samples decreased with further increase in GNPs loading. The highest improvement in impact strength was determined at 0.25 wt. % for both cases of flatwise and edgewise tests.

## REFERENCES

- Boroujeni, A. Y., Tehrani, M., Nelson, A. J., & Al-Haik, M. (2014). Hybrid carbon nanotube–carbon fiber composites with improved in-plane mechanical properties. *Composites Part B: Engineering*, 66, 475-483.
- Cai, H., & Aref, A. J. (2015). On the design and optimization of hybrid carbon fiber reinforced polymer-steel cable system for cable-stayed bridges. *Composites Part B: Engineering*, 68, 146-152.
- Cho, J., Chen, J. Y., & Daniel, I. M. (2007). Mechanical enhancement of carbon fiber/epoxy composites by graphite nanoplatelet reinforcement. *Scripta materialia*, 56(8), 685-688.
- Dong, C. (2016). Uncertainties in flexural strength of carbon/glass fibre reinforced hybrid epoxy composites. *Composites Part B: Engineering*, 98, 176-181.
- Fukushima, H., Drzal, L., Rook, B., & Rich, M. (2006). Thermal conductivity of exfoliated graphite nanocomposites. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 85(1), 235-238.
- Huang, S. Y., Wu, G. P., Chen, C. M., Yang, Y., Zhang, S. C., & Lu, C. X. (2013). Electrophoretic deposition and thermal annealing of a graphene oxide thin film on carbon fiber surfaces. *Carbon*, 52, 613-616.



- Kalaitzidou, K., Fukushima, H., & Drzal, L. T. (2007). A new compounding method for exfoliated graphite polypropylene nanocomposites with enhanced flexural properties and lower percolation threshold. *Composites Science and Technology*, 67(10), 2045-2051.
- Kalaitzidou, K., Fukushima, H., & Drzal, L. T. (2007). Mechanical properties and morphological characterization of exfoliated graphite–polypropylene nanocomposites. *Composites Part A: applied science and manufacturing*, 38(7), 1675-1682.
- Kalaitzidou, K., Fukushima, H., Miyagawa, H., & Drzal, L. T. (2007). Flexural and tensile moduli of polypropylene nanocomposites and comparison of experimental data to Halpin-Tsai and Tandon-Weng models. *Polymer Engineering & Science*, 47(11), 1796-1803.
- Kim, M. T., Rhee, K. Y., Lee, J. H., Hui, D., & Lau, A. K. (2011). Property enhancement of a carbon fiber/epoxy composite by using carbon nanotubes. *Composites Part B: Engineering*, 42(5), 1257-1261.
- Lee, J. H., Marroquin, J., Rhee, K. Y., Park, S. J., & Hui, D. (2013). Cryomilling application of graphene to improve material properties of graphene/chitosan nanocomposites. *Composites Part B: Engineering*, 45(1), 682-687.
- Li, B., & Zhong, W. H. (2011). Review on polymer/graphite nanoplatelet nanocomposites. *Journal of Materials Science*, 46(17), 5595-5614.
- Lou, T., Lopes, S. M., & Lopes, A. V. (2014). Factors affecting moment redistribution at ultimate in continuous beams prestressed with external CFRP tendons. *Composites Part B: Engineering*, 66, 136-146.
- Lu, H., Yao, Y., Huang, W. M., & Hui, D. (2014). Noncovalently functionalized carbon fiber by grafted self-assembled graphene oxide and the synergistic effect on polymeric shape memory nanocomposites. *Composites Part B: Engineering*, 67, 290-295.
- Park, O. K., Kim, S. G., You, N. H., Ku, B. C., Hui, D., & Lee, J. H. (2014). Synthesis and properties of iodo functionalized graphene oxide/polyimide nanocomposites. *Composites Part B: Engineering*, 56, 365-371.
- Pooyyathappan, K., Bhaskar, G. B., Pazhanivel, K., & Venkatesan, N. (2014). Tensile and flexural studies on glass-carbon hybrid composites subjected to low frequency cyclic loading. *Int. J. Eng. Technol.*, 6(1), 83-90.
- Rahman, M. M., Zainuddin, S., Hosur, M. V., Malone, J. E., Salam, M. B. A., Kumar, A., & Jeelani, S. (2012). Improvements in mechanical and thermo-mechanical properties of e-glass/epoxy composites using amino functionalized MWCNTs. *Composite Structures*, 94(8), 2397-2406.
- Rhee, K. Y., Park, S. J., Hui, D., & Qiu, Y. (2012). Effect of oxygen plasma-treated carbon fibers on the tribological behavior of oil-absorbed carbon/epoxy woven composites. *Composites Part B: Engineering*, 43(5), 2395-2399.
- Scholz, S., & Kroll, L. (2014). Nanocomposite glide surfaces for FRP hydraulic cylinders—Evaluation and test. *Composites Part B: Engineering*, 61, 207-213.
- Song, Q., Li, K. Z., Qi, L. H., Li, H. J., Lu, J. H., Zhang, L. L., & Fu, Q. G. (2013). The reinforcement and toughening of pyrocarbon-based carbon/carbon composite by controlling carbon nanotube growth position in carbon felt. *Materials Science and Engineering: A*, 564, 71-75.
- Varga, C., Miskolczi, N., Bartha, L., & Lipóczki, G. (2010). Improving the mechanical properties of glass-fibre-reinforced polyester composites by modification of fibre surface. *Materials & Design*, 31(1), 185-193.



- Wu, H., & Drzal, L. T. (2012). Graphene nanoplatelet paper as a light-weight composite with excellent electrical and thermal conductivity and good gas barrier properties. *Carbon*, 50(3), 1135-1145.
- Yavari, F., Rafiee, M. A., Rafiee, J., Yu, Z. Z., & Koratkar, N. (2010). Dramatic increase in fatigue life in hierarchical graphene composites. *ACS applied materials & interfaces*, 2(10), 2738-2743.
- Zaldivar, R. J., Nokes, J. P., & Kim, H. I. (2014). The effect of surface treatment on graphite nanoplatelets used in fiber reinforced composites. *Journal of Applied Polymer Science*, 131(6), 1-10.
- Zhang, J., Chaisombat, K., He, S., & Wang, C. H. (2012). Hybrid composite laminates reinforced with glass/carbon woven fabrics for lightweight load bearing structures. *Materials & Design (1980-2015)*, 36, 75-80.
- Zhang, X., Fan, X., Yan, C., Li, H., Zhu, Y., Li, X., & Yu, L. (2012). Interfacial microstructure and properties of carbon fiber composites modified with graphene oxide. *ACS applied materials & interfaces*, 4(3), 1543-1552.



## EFFECT OF JUTE FIBER HYBRIDIZATION ON IMPACT RESPONSE OF GLASS FIBER/ EPOXY COMPOSITE LAMINATES

Ahmet Erkliğ

University of Gaziantep, Department of Mechanical Engineering

erklig@gantep.edu.tr

Abdullah Hameed Khalaf

AL-Anbar Governorate

aa112233445zzzv@gmail.com

Omar Abdulrahman Abood Al-dulaimi

Iraqi Ministry of Education, Educational Directorate of Al-Anbar

o\_dulaimy@yahoo.com

Bashar Ridha Younus

University of Technology, Energy and Renewable Energies Technology Center

bashar.aqidi@gmail.com

**Abstract:** Natural fiber composites such as jute polymer composites became more attractive due to their high specific strength, lightweight and biodegradability. Mixing of natural fiber with glass fiber reinforced polymer (GFRP) are finding increased applications. In this study, jute–glass hybrid fiber reinforced epoxy composites was developed and their impact properties were evaluated. Jute fiber was used with different fiber volume fraction within GFRP for this purpose. Also, effect of stacking sequence on impact response of the hybrid composites was studied. The results indicated that the incorporation of jute fiber with GFRP can improve the impact properties and used as a method of strengthening for glass fiber reinforced polymer composites.

**Keywords:** Fiber reinforced polymer, jute fiber, glass fiber, hybrid composite, impact.

## INTRODUCTION

Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) is a fiber reinforced polymer made of a plastic matrix reinforced by fine fibers of glass. Fiber glass is a lightweight, strong, and robust material used in different industries due to their excellent properties. Although strength properties are somewhat lower than carbon fiber and it is less stiff, the material is typically far less brittle, and the raw materials are much less expensive (Jarukumjorn and Suppakarn, 2009). Its bulk strength and weight properties are very favorable when compared to metals, and it can be easily formed using molding processes (Dwivedi and Chand, 2009).

Now-a-days natural fibers such as sisal, flax, hemp, jute, banana, and curaua fiber are used to reinforce polymer composites and replacing the glass and carbon fibers owing to their easy availability and cost (Idicula et al., 2005; De-Andrade Silva et al., 2010). Natural fiber reinforced composite materials are considered as one of the new class of engineering materials. Interest in this area is rapidly growing both in terms of their industrial applications and fundamental research as they are renewable, cheap, completely or



partially recyclable, and biodegradable. Several researches have been taken place in this direction. Silva et al. (2006) have developed the natural fibers/castor oil polyurethane composites and tested the fracture toughness. They have achieved the best fracture toughness performance for sisal fiber composites. The thermo-physical properties of natural fiber reinforced polyester composites are carried out by Idicula et al. (2006). They have indicated that the natural fiber with glass allows a significantly better heat transport ability for the composites. Among all the natural fiber reinforcing materials, jute appears to be a promising material because it is relatively inexpensive and commercially available in the required form (Sanjay and Yogesha, 2016). Jute is a natural and recyclable vegetable bast fiber extracted from plants. Jute appears to be a promising material because it is relatively inexpensive. The material produced by the jute fiber is reusable, sustainable, eco-friendly, and be worthy offer to industrial applications. It has intrinsic advantages like higher strength, higher modulus silky luster, low extensibility, and significant heat and fire resistance. Its only application in packaging is constantly threatened by synthetics, and an additional area of application would be highly desirable (Shah and Lakkad, 1981). The advantage of jute in composite materials has been reported and improved mechanical properties have been gained by introducing jute fiber in different ways such as chopped fibers (Ramesh et al., 2013) and woven fibers (Khan et al., 2016; Ferreira et al., 2016).

Hybrid composites reinforced by carbon and glass fibers have extensively studied, however, hybrid composites reinforced by other fiber types e.g. carbon and basalt (Subagia et al., 2014), kenaf and glass (Atiqah et al., 2014), banana and sisal (Venkateshwaran et al., 2012), and jute and banana (Boopalan et al., 2013) are also studied. Cicala et al. (2009) have studied the properties and performance of various hybrid glass/natural fiber composites for the applications in curved pipes. Natural fibers are lighter and cheaper, but they have low mechanical properties than glass fibers. The use of hybrid fibers may solve this issue. Most of the studies on natural fibers are concerned with single reinforcement. The addition of natural fiber to the glass fiber can make the composite hybrid which is comparatively cheaper and easy to use. Panthapulakkal and Sain (2007) studied the mechanical and thermal properties of hemp/glass fiber–polypropylene (PP) composite materials. They have observed that the use of hybrid composite material enhance the flexural and impact properties. In addition they have observed that the addition of glass fiber into hemp–PP composites resulted in improved thermal properties as well as the water resistance of the composites. Arbelaitz et al. (2005) have developed flax fiber/polypropylene composites and studied the influence of fiber/matrix modification and glass fiber hybridization. They have reported that the tensile strength and modulus of hybrid glass/flax–PP composites depend on the glass/flax ratio. Thwe and Liao (2003) have studied the durability of bamboo/glass fiber reinforced polymer matrix hybrid composites. They have studied the properties such as tensile strength and elastic modulus of bamboo fiber reinforced polypropylene (BFRP) and bamboo glass fiber reinforced polypropylene hybrid composites. They have indicated that the tensile strength and elastic modulus decreased after ageing. John and Naidu (2004) evaluated the tensile behavior of sisal/glass/polyester hybrid composites and reported higher properties for higher glass fiber incorporation and overall fiber volume fraction. Cicala et al. (2009) studied some hybrid synthetic/natural composites and reported that hybrid glass/hemp/epoxy composites showed good tensile properties and lower cost and weight compared to pure glass/epoxy composites.



The tensile strength of the jute fiber is directly proportional to the cross sectional area of the fiber (Gao and Mäder, 2006) and delamination of layer is possible (Chandramohan and Marimuthu, 2010). Sisal–jute–GFRP hybrid composites are environment friendly and user friendly materials (Idicula et al., 2005) and has very good elastic properties (Ahmed et al., 2007). The method of disposal of GFRP and their recycling have been the serious issue (Xu et al., 2008; John and Naidu, 2004) and the natural fiber composites plays very important role in the environmental situation and variety of applications (Mohan et al., 1983). The incorporation of natural fiber with GFRP improves the tensile, flexural and impact strength of the materials (Mishra et al., 2003) and placing the GFRP layers at the ends possess good mechanical strength (Ahmed et al., 2008). Natural fibers are chosen as reinforcement because they can reduce the tool wear when processing, respiratory irritation and serving as alternatives for artificial fiber composites in the increasing global energy crisis and ecological risks (Cheung et al., 2009).

In the present work the impact properties of jute–glass fiber reinforced epoxy composite materials were studied. The jute–GFRP composite materials are manufactured by hand lay-up process. The properties such as impact energy and impact toughness are studied and presented in detail. Effect of fiber volume fraction and different stacking sequence of jute-glass was investigated. The results indicated that the addition of jute in the glass fiber composite materials improves the impact properties.

## MATERIALS

Jute fabric with an areal density of 200 g/m<sup>2</sup> and glass fabric having 200 g/m<sup>2</sup> areal density were purchased from DOST Chemical Industrial Raw Materials Industry, Turkey. Epoxy type MOMENTIVE-MGS L160 with corresponded hardener (MOMENTIVE-MGS H260S) were provided from DOST Chemical Industrial Raw Materials Industry, Turkey. Table 1 shows the properties of jute fiber, glass fiber, and epoxy resin.

**Table 1. Properties of Fibers and Epoxy Resin**

Porperty	Jute fiber	Glass fiber	Epoxy resin
Density (g/cm <sup>3</sup> )	200	200	1.18 – 1.20
Thickness (mm)	≈ 0.25	0.15	–
Tensile strength (MPa)	331-414	3000-5000	70 – 80
Elastic modulus (GPa)	28.43	72-82	3.2 – 3.5

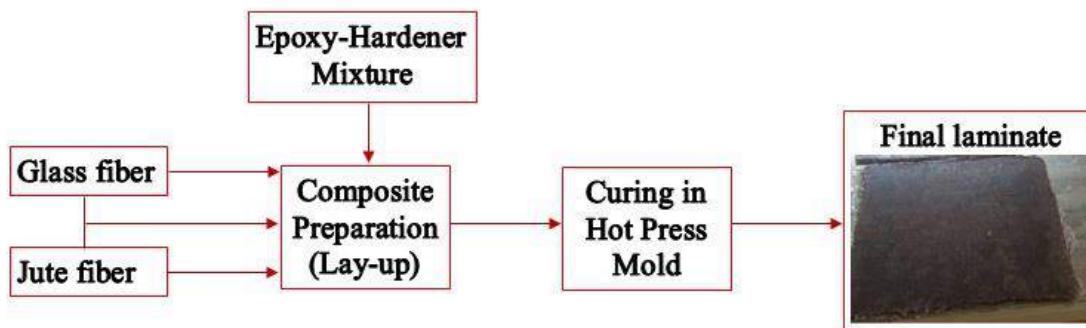
## METHODS

Charpy impact test was used to measure the impact response of glass/jute composite laminates previously prepared by hand lay-up technique.

### Fabrication Procedure of Laminates

In this experiment work, the preparation of composite laminates was based on manual hand layup method as shown in Figure 1. Different fiber weight fraction and stacking sequence were used to produce hybrid glass-jute composites (Table 2). The jute fiber was treated in advance by sodium hydroxide with 1% concentration at room temperature. The jute fabric has immersed in beaker containing that alkaline solution for 2 hours and then washed with

water and dried at room temperature without exposing to sunlight. Eight layers of jute/glass fabrics with [0/90] lay-up sequence were laid up above each other with applying epoxy matrix in between. The epoxy matrix was previously prepared from epoxy and conjugated hardener with 100:28 weight ratio according to supplier specifications. Epoxy and hardener was stirred for 3 minutes by mechanical stirrer with constant speed. The epoxy mixture was applied with the help of metal roller to full wet the fabric layer and remove any air trapped as well as the excess epoxy present. The final laminate (composite laminate) was put on a flat surface of compressed mold previously treated with release agent in order to remove the laminate after curing easily. All laminates were in dimensions fit the mold dimensions. The upper surface of the mold moves up and down by manual-controlled hydraulic press to apply suitable compression on the laminate and hence composite plates with constant thickness is produced. Also, the mold is supplied with heater and thermostat for hot curing. Therefore, 0.4 MPa pressure was applied to the laminates and the laminates were left for hot curing at 80 °C for one hour. After curing, the mold is opened and the developed composite plate is taken out and further processed by CNC machine to prepare test samples with the required dimensions.



**Figure 1. Hand Lay-Up Procedure of Composite Laminates**

**Table 2. The Properties and Composition of Glass-Jute Composites**

Laminate code	Laminate name	Stacking sequence	Weight of Fibers (wt. %)		Thickness (mm)
			Glass	Jute	
L1	G8	GGGGGGGG	100	0	1.6
L2	G3J2G3	GGGJJGGG	75	25	2.65
L3	G2J4G2	GGJJJJGG	50	50	4.1
L4	GJ6G	GJJJJJJG	25	75	5.9
L5	J8	JJJJJJJJ	0	100	6.2
L6	JGJ4GJ	JGJJJJGJ	25	75	5.9
L7	J2GJ2GJ2	JJGJJGJJ	25	75	5.9
L8	J3G2J3	JJJGGJJJ	25	75	5.9
L9	G4J4	GGGGJJJJ	50	50	4.1
L10	J4G4	JJJGGGGG	50	50	4.1

### *Impact Test*

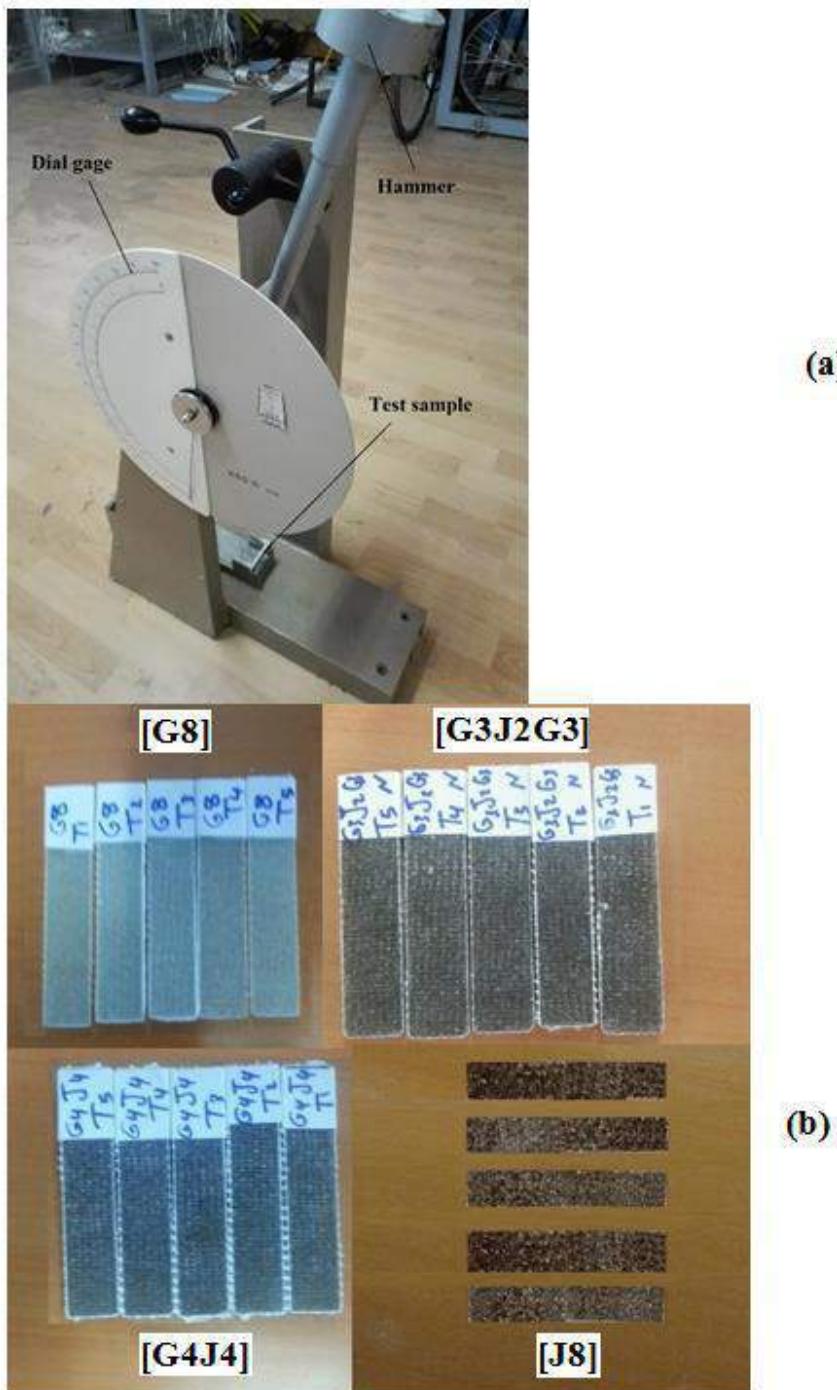


The impact test was conducted in a setup of charpy impact as per ISO 179/92 standard using Köger 3/70 Charpy impact test device equipped with a Hammer of 15 J (Fig. 2 (a)). The test samples were cut by 55 mm × 10 mm in dimensions from composite laminates according to the ISO 179/92 standard. Figure 2 (b) shows some of the impact test samples. The test sample was subjected to flatwise impact load by pendulum hammer. The sample must be loaded in the test device and allowing the pendulum to strike the sample till it breaks. The energy required to break the composite sample was recorded by dial gage during impact test and used to measure the toughness of the composite material. The impact toughness of the sample material can be calculated by equations (1) and (2):

$$E = E_1 - E_2 \quad (1)$$

$$U = E/bh \quad (2)$$

Where  $E$  is the absorbed energy by the sample until fracture,  $E_1$  and  $E_2$  are initial and final potential energies of the pendulum hammer,  $U$  is the impact toughness, and  $b$  and  $h$  are width and thickness of the test sample, respectively. Average values and standard deviations for the absorbed impact energy were used to assess the toughness of the composite materials.



**Figure 2. Illustration of Impact Test; (a) Köger 3/70 Charpy Impact Test Machine, (b) Test Samples**

## RESULTS AND DISCUSSION

The effect of jute hybridization on impact response of glass/epoxy composite was studied by charpy impact test at room temperature. Beside glass/epoxy composite, jute/epoxy composite was prepared and tested to verify its impact properties. The results stated that glass fiber composite has much higher impact resistance than jute composite (1.46 with respect to 0.60 J). Also, the results showed that the glass composite has impact strength



about 2.4 times more than that of the jute composite. This study dealt with three independent parameters in order to investigate the impact strength of glass/jute hybrid composites: influence of jute fiber volume fraction, influence of stacking sequence of fiber layers, and effect of impacted side. The experimental results of this study can be seen in Table 3 and Table 4.

**Table 3. Impact Test Results of Hybrid Composites for Glass Side Impact**

Laminate name	Fiber contribution	Thickness (mm)	Impact energy (J)	Impact toughness (kJ/m <sup>2</sup> )
G8	100%G-0%J	1.6	1.46 ± 0.04	91.04 ± 2.53
G3J2G3	75%G-25%J	2.65	2 ± 0.10	75.47 ± 3.77
G2J4G2	50%G-50%J	4.1	1.85 ± 0.05	45.12 ± 1.22
GJ6G	25%G-75%J	5.9	1.02 ± 0.03	17.29 ± 0.45
G4J4	50%G-50%J	4.1	1.1 ± 0.00	26.83 ± 0.00

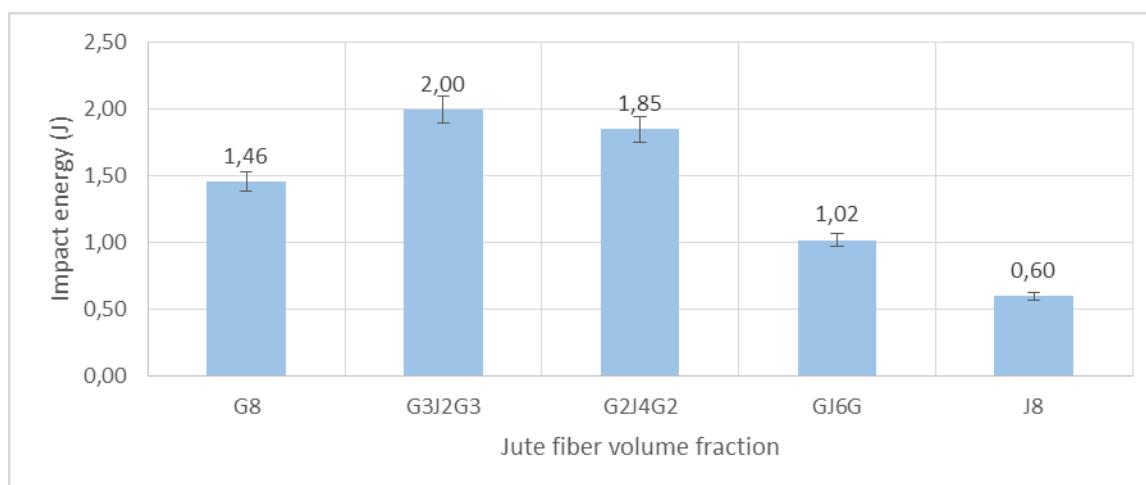
**Table 4. Impact Test Results of Hybrid Composites for Jute Side Impact**

Laminate name	Fiber contribution	Thickness (mm)	Impact energy (J)	Impact toughness (kJ/m <sup>2</sup> )
J8	0%G-100%J	6.2	0.6 ± 0.00	9.69 ± 0.02
JGJ4GJ	25%G-75%J	5.9	1.3 ± 0.00	22.03 ± 0.00
J2GJ2GJ2	25%G-75%J	5.9	1.17 ± 0.07	19.83 ± 1.22
J3G2J3	25%G-75%J	5.9	1.82 ± 0.16	30.79 ± 2.72
J4G4	50%G-50%J	4.1	1.63 ± 0.15	39.84 ± 3.73

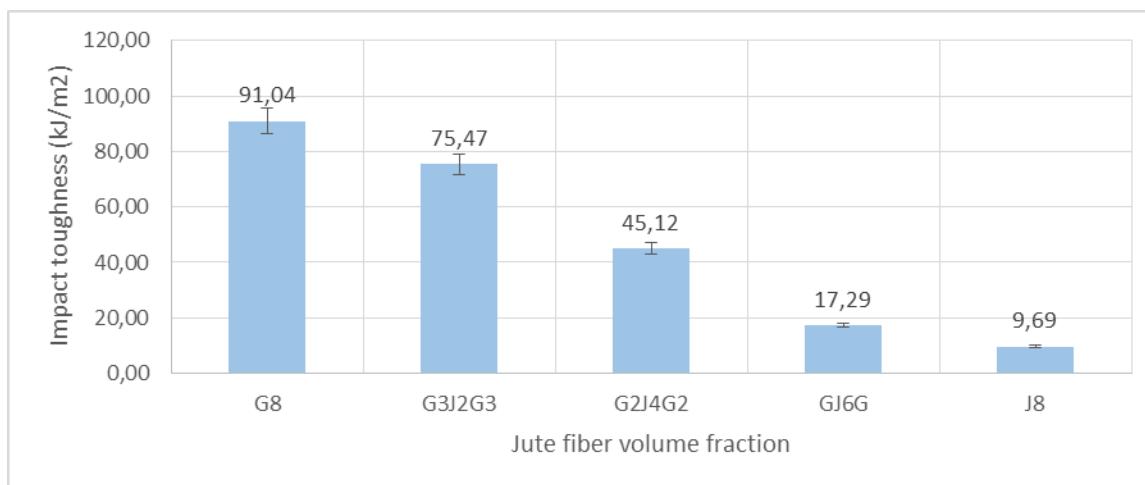
At first step, the influence of jute fiber volume fraction was investigated by incorporating jute fiber layers between glass fiber layers in symmetric composite laminate starting from two layers of jute fiber. At this point the tests showed absorbed energy value higher than the control samples (glass/epoxy). After that, by increasing the jute fiber layers to 4 and 6, the tests showed reduction trend in absorbed energy values. Figure 3 shows the impact energy of glass-jute composites with different jute fiber volume fraction. The results indicated that improved capacity of absorbing energy was noticed by incorporating 2 and 4 layers of jute into glass composite and the increasing in absorbed energy was 36.9 % and 26.7 % for 2 and 4 layers of jute fiber, respectively. However, when the cross section area of the samples is considered to calculate the impact strength, a negative effect has observed with the incorporation of jute fiber and the impact strength of glass/epoxy composite decreased as the jute fiber layers increased (Fig. 4). The second step was studying the effect of stacking sequence on impact resistance of glass-jute hybrid composites. For this purpose, glass-jute hybrid composite laminates with 25:75 fiber volume fraction of glass:jute were prepared in four different arrangements of stacking sequence. These arrangements were based on jute fiber volume at outside surfaces starting from 0% and up to 75%; the jute fiber volume increase was 25% at each arrangement. The impact tests revealed that if the jute fiber is facing impact loads, the absorbed energy and impact toughness would be higher than that of hybrid composite with impacted surface of glass fiber (Figs. 5 and 6). The improved impact strength was at highest when the jute fiber volume fraction at the outside surfaces was 75%. The increase in impact strength was 27.4%, 14.7%, and 78.08% for 25%, 50%, and 75% jute fiber volume at the outside

surfaces, respectively. Finally, it was significant to study the effect of impacted side surface properties on the impact resistance of glass-jute hybrid composite. The hybrid composite of [G4J4] was considered and tested under constant impact load at each impacted side (glass side and jute side). The experimental results stated that the [G4J4] hybrid absorbed more energy when impacted at jute side and the impact energy was 11.64% higher than that of pure glass composite (G8) (Fig. 7), while the impact energy was 24.65% less than the glass composite ones when impacted at glass side. However, the impact strength of [G4J4] was much less than that of glass composite in both cases of impact surfaces (jute side and glass side) (Fig. 8).

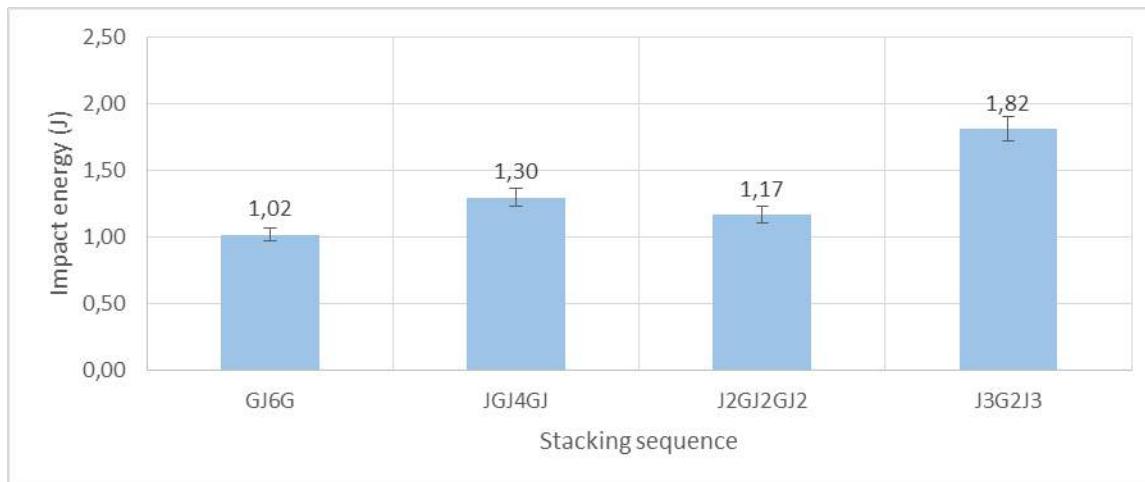
The fracture mechanism of glass/jute composite samples can be seen in Figure 9. Composite samples of glass/epoxy were failed in localized damage without fiber breakages. Whilst, the jute/epoxy composite samples were fractured completely and sever separation with sharp cut at the loaded region was observed. For hybrid composite samples, when jute fiber was incorporated between glass fibers layers the main fracture mechanism was sharp cut with a small amount of glass fiber pull-out for different jute fiber weight ratios. While no fiber pull-out was observed when the jute fiber was considered at outside surfaces. For the case of asymmetric glass/jute composite (G4J4), if the glass side was impacted only jute fibers would be broken while glass fibers still unbroken and only exposed to local deformations. If the jute side was impacted the whole system would be broken sharply which resulted in higher absorbed energy than the case of glass side impact.



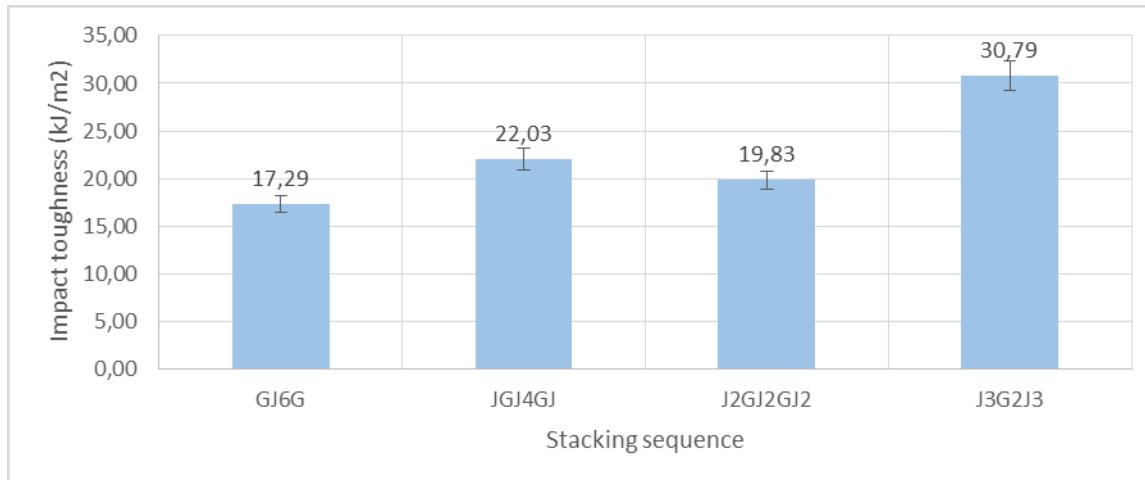
**Figure 3. Impact Energy of Glass-Jute Hybrid Composites with Different Jute Fiber Volume Fraction**



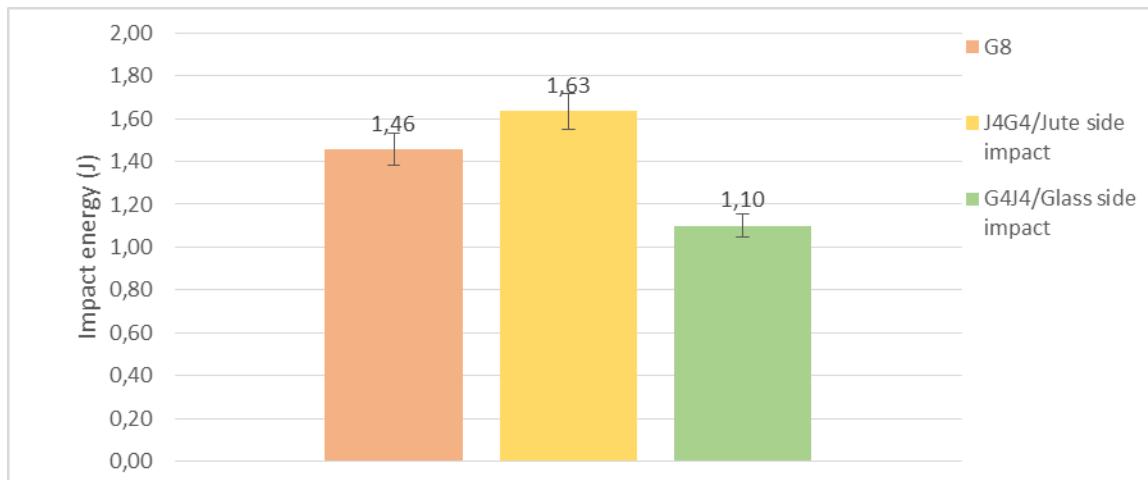
**Figure 4. Impact Strength of Glass-Jute Hybrid Composites with Different Jute Fiber Volume Fraction**



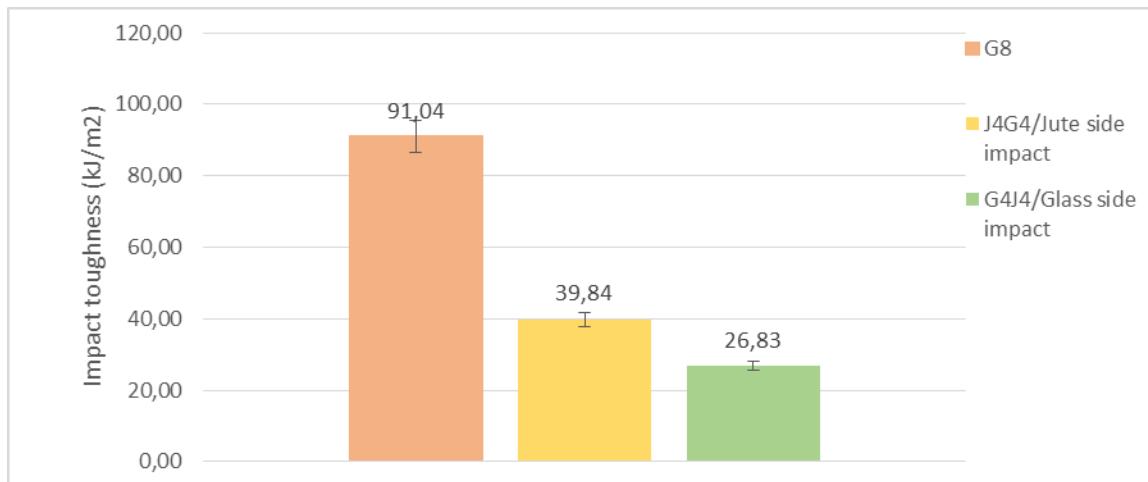
**Figure 5. Impact Energy of (25%G-75%J) Hybrid Composites with Different Fiber Stacking Sequence**



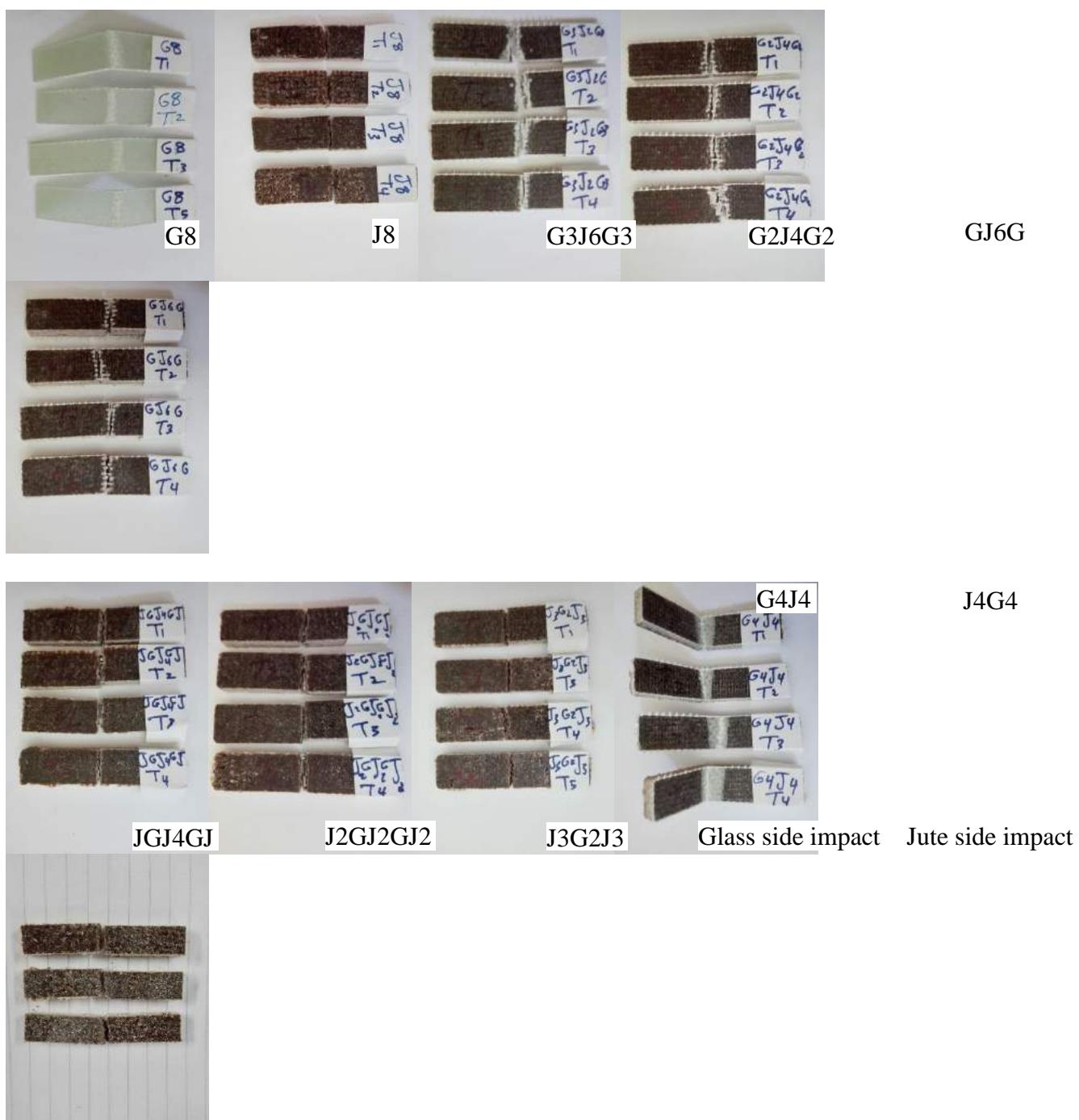
**Figure 6. Impact Strength of (25%G-75%J) Hybrid Composites with Different Fiber Stacking Sequence**



**Figure 7. Impact Energy of (50%G-50%J) Hybrid Composites with Different Impacted Side Surface**



**Figure 8. Impact Strength of (50%G-50%J) Hybrid Composites with Different Impacted Side Surface**



**Figure 9. Fracture Mechanism of Glass/Jute Composites under Impact Loading**

## CONCLUSION

In the present work, impact resistance of glass-/jute/epoxy hybrid composite laminates was studied and compared with the control laminate of glass/epoxy. Jute fiber volume fraction was varied within glass composite system. The incorporation of jute fiber into the glass composite results in higher absorbed energy at 25% and 50% of jute fiber volume fraction. The effect of stacking sequence on impact response of glass-jute composites was also studied in four different arrangements. Changing the positions of jute fiber layers was



resulted in significant positive effect on the impact strength. The impact strength improved when the jute fiber was facing impact loads and it increased with increase of jute fiber layers at outside surfaces. The maximum impact strength was obtained from the stacking sequence arrangement of [J3G2J3] as 78.08% higher than the [GJ6G] hybrid system. These findings encouraged to study the effect of impacted side surface properties. It was found that hybrid system with 50:50 fiber volume of glass-jute absorbed more energy if it impacted at jute side surface.

## REFERENCES

- Ahmed, K. S., & Vijayarangan, S. (2008). Tensile, flexural and interlaminar shear properties of woven jute and jute-glass fabric reinforced polyester composites. *Journal of materials processing technology*, 207(1), 330-335.
- Ahmed, K. S., Vijayarangan, S., & Naidu, A. C. B. (2007). Elastic properties, notched strength and fracture criterion in untreated woven jute–glass fabric reinforced polyester hybrid composites. *Materials & design*, 28(8), 2287-2294.
- Arbelaitz, A., Fernández, B., Cantero, G., Llano-Ponte, R., Valea, A., & Mondragon, I. (2005). Mechanical properties of flax fibre/polypropylene composites. Influence of fibre/matrix modification and glass fibre hybridization. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 36(12), 1637-1644.
- Atiqah, A., Maleque, M. A., Jawaid, M., & Iqbal, M. (2014). Development of kenaf-glass reinforced unsaturated polyester hybrid composite for structural applications. *Composites Part B: Engineering*, 56, 68-73.
- Boopalan, M., Niranjanaa, M., & Umapathy, M. J. (2013). Study on the mechanical properties and thermal properties of jute and banana fiber reinforced epoxy hybrid composites. *Composites Part B: Engineering*, 51, 54-57.
- Chandramohan, D., & Marimuthu, K. (2010). Thrust force and torque in drilling the natural fiber reinforced polymer composite materials and evaluation of delamination factor for bone graft substitutes-A work of fiction approach. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 2(10), 6437-51.
- Cheung, H. Y., Ho, M. P., Lau, K. T., Cardona, F., & Hui, D. (2009). Natural fibre-reinforced composites for bioengineering and environmental engineering applications. *Composites Part B: Engineering*, 40(7), 655-663.
- Cicala, G., Cristaldi, G., Recca, G., Ziegmann, G., El-Sabbagh, A., & Dickert, M. (2009). Properties and performances of various hybrid glass/natural fibre composites for curved pipes. *Materials & Design*, 30(7), 2538-2542.
- De-Andrade Silva, F., Toledo Filho, R. D., de Almeida Melo Filho, J., & Fairbairn, E. D. M. R. (2010). Physical and mechanical properties of durable sisal fiber–cement composites. *Construction and building materials*, 24(5), 777-785.
- Dwivedi, U. K., & Chand, N. (2009). Influence of MA-g-PP on abrasive wear behaviour of chopped sisal fibre reinforced polypropylene composites. *Journal of Materials Processing Technology*, 209(12), 5371-5375.
- Ferreira, J. M., Capela, C., Manaia, J., & Costa, J. D. (2016). Mechanical Properties of Woven Mat Jute/Epoxy Composites. *Materials Research*, 19(3), 702-710.
- Gao, S. L., & Mäder, E. (2006). Jute/polypropylene composites I. Effect of matrix modification. *Composites Science and Technology*, 66(7), 952-963.
- Idicula, M., Boudenne, A., Umadevi, L., Ibos, L., Candau, Y., & Thomas, S. (2006). Thermophysical properties of natural fibre reinforced polyester composites. *Composites Science and Technology*, 66(15), 2719-2725.



- Idicula, M., Malhotra, S. K., Joseph, K., & Thomas, S. (2005). Dynamic mechanical analysis of randomly oriented intimately mixed short banana/sisal hybrid fibre reinforced polyester composites. *Composites Science and Technology*, 65(7), 1077-1087.
- Idicula, M., Neelakantan, N. R., Oommen, Z., Joseph, K., & Thomas, S. (2005). A study of the mechanical properties of randomly oriented short banana and sisal hybrid fiber reinforced polyester composites. *Journal of applied polymer science*, 96(5), 1699-1709.
- Jarukumjorn, K., & Suppakarn, N. (2009). Effect of glass fiber hybridization on properties of sisal fiber–polypropylene composites. *Composites Part B: Engineering*, 40(7), 623-627.
- John, K., & Naidu, S. V. (2004). Sisal fiber/glass fiber hybrid composites: the impact and compressive properties. *Journal of reinforced plastics and composites*, 23(12), 1253-1258.
- John, K., & Naidu, S. V. (2004). Tensile properties of unsaturated polyester-based sisal fiber–glass fiber hybrid composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 23(17), 1815-1819.
- Khan, G. A., Terano, M., Gafur, M. A., & Alam, M. S. (2016). Studies on the mechanical properties of woven jute fabric reinforced poly (l-lactic acid) composites. *Journal of King Saud University-Engineering Sciences*, 28(1), 69-74.
- Mishra, S., Mohanty, A. K., Drzal, L. T., Misra, M., Parija, S., Nayak, S. K., & Tripathy, S. S. (2003). Studies on mechanical performance of biofibre/glass reinforced polyester hybrid composites. *Composites Science and Technology*, 63(10), 1377-1385.
- Mohan, R., Shridhar, M. K., & Rao, R. M. V. G. K. (1983). Compressive strength of jute-glass hybrid fibre composites. *Journal of Materials Science Letters*, 2(3), 99-102.
- Panthapulakkal, S., & Sain, M. (2007). Injection-molded short hemp fiber/glass fiber-reinforced polypropylene hybrid composites—Mechanical, water absorption and thermal properties. *Journal of Applied Polymer Science*, 103(4), 2432-2441.
- Ramesh, M., Palanikumar, K., & Reddy, K. H. (2013). Mechanical property evaluation of sisal–jute–glass fiber reinforced polyester composites. *Composites Part B: Engineering*, 48, 1-9.
- Sanjay, M. R., & Yugesha, B. (2016). Studies on mechanical properties of jute/E-glass fiber reinforced epoxy hybrid composites. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, 4(01), 15-25.
- Shah, A. N., & Lakkad, S. C. (1981). Mechanical properties of jute-reinforced plastics. *Fibre Science and Technology*, 15(1), 41-46.
- Silva, R. V., Spinelli, D., Bose Filho, W. W., Neto, S. C., Chierice, G. O., & Tarpani, J. R. (2006). Fracture toughness of natural fibers/castor oil polyurethane composites. *Composites science and technology*, 66(10), 1328-1335.
- Subagia, I. A., Kim, Y., Tijing, L. D., Kim, C. S., & Shon, H. K. (2014). Effect of stacking sequence on the flexural properties of hybrid composites reinforced with carbon and basalt fibers. *Composites Part B: Engineering*, 58, 251-258.
- Thwe, M. M., & Liao, K. (2003). Durability of bamboo-glass fiber reinforced polymer matrix hybrid composites. *Composites science and technology*, 63(3), 375-387.
- Venkateshwaran, N., Elayaperumal, A., & Sathiya, G. K. (2012). Prediction of tensile properties of hybrid-natural fiber composites. *Composites Part B: Engineering*, 43(2), 793-796.
- Xu, X., Jayaraman, K., Morin, C., & Pecqueux, N. (2008). Life cycle assessment of wood-fibre-reinforced polypropylene composites. *Journal of Materials Processing Technology*, 198(1), 168-177.



## EVALUATION OF NANO CLAY REINFORCED SINGLE LAP SHEAR JOINTS OF COMPOSITES

Ahmet Erkliğ

University of Gaziantep, Department of Mechanical Engineering

erklig@gantep.edu.tr

Bilal Faaek Ahmed

Iraqi Ministry of Higher Education and Scientific Research, Al-Nahrain University

Bilalfaak87@gmail.com

Omar Abdulrahman Abood Al-dulaimi

Iraqi Ministry of Education, Educational Directorate of Al-Anbar

o\_dulaimy@yahoo.com

**Abstract:** Adding particles to the adhesive layer in adhesively bonded joints can increase adhesive toughness and improve stress distribution in the adhesive layer. In this investigation, the influence of clay nanoparticles on the adhesion between epoxy adhesive and composite substrates was primarily investigated. Shearing characteristics of modified epoxy were studied by single lap joints. The adhesives were produced from different amounts of Nano clay particles incorporated into epoxy. Glass fiber composite plates were chosen as adherends. The results of shear tests indicated that clay nanoparticles had great influence on adhesion strength. Compared to neat epoxy, it was found that the adhesive strength is increased considerably under shear loadings.

**Keywords:** Adhesive, bonded joints, Nano clay, shear, composite.

## INTRODUCTION

Over the years, metal-based engineering materials have been increasingly replaced by the polymer composites because of advantageous features of polymers including high strength-to-weight ratio, excellent corrosion resistance, superior thermal insulation, and low thermal expansion coefficient. The fiber composite approach can provide significant improvements in specific (property/density) strength and stiffness over conventional metal alloys. Light weight composite materials such as carbon fiber reinforced epoxy resins and glass fiber reinforced laminates are increasingly finding application in aircraft to replace traditional heavier metal structures (Burkholder et al., 2011; Iqbal et al., 2014).

Recent advances in composites manufacturing technologies provide affordable solutions to the production of complex and large composite parts. To join such composite parts, polymer adhesives are commonly used. Using adhesive bonding for joining composite parts provides many advantages such as low cost, high strength to weight ratio, low stress concentration, fewer processing requirements and superior fatigue resistance and environmental resistance (Vinson and Sierakowski, 1987; Armstrong et al., 2005; Ferreira et al., 2002).

Adhesive bonding is rapidly developing for many applications in: aviation, electrical, automotive and marine industries, building engineering, medicine (dentistry). Increases in specific strength, corrosion resistance plus possibility of joining different materials are the



principal advantages of adhesive joints over the ‘traditional’ joining methods (riveting, bolting, welding, brazing). Naturally there is still need to increase mechanical properties and durability of adhesives (Miyano et al., 2008; Sarathi et al., 2007; Armstrong, 1997; Xu et al., 2003). The most popular adhesives with high cohesive performance used in structural applications are epoxies, which promise strong, resistant and durable joints.

A number of techniques have been considered to improve the mechanical properties of structural adhesives containing fillers such as carbon, nylon, or glass micro- or Nano-fibers (Gojny et al., 2005; Wernik and Meguid, 2014). From a general point of view, nanostructured materials are expected to yield improvements over neat polymers in a wide range of properties, such as mechanical properties (Isik et al., 2003; Lin et al., 2006; Liu et al., 2005; Ragosta et al., 2005; Yao et al., 2005), dimensional stability and barrier properties (Kim et al., 2005), thermal degradation resistance (Varghese et al., 2004; Zhang et al., 2006), etc.

The Nano clay particles are formed from clay platelets which are stacked together. The thickness and aspect ratio of the clay platelet are about 1 nm and 100, respectively (Li et al., 2005). Due to the large surface area of the Nano-sized particles only small amounts are needed to cause significant changes in the resulting properties of the Nano-composite adhesives (Prolongo et al., 2010). One possibility to increase adhesives mechanical properties is to reinforce them with nanoparticles (Dorigato et al., 2010). Adding alumina Nano-fibers to epoxy adhesives slightly increases the strength of sample aluminum joints (Gilbert et al., 2003; Meguid and Sun, 2004); whereas, the effect of Nano-reinforced composites on the toughness of carbon/epoxy composite joint is significant, vary based on the fabrication method (prefabricated versus co-cured). Zhai et al. (2006, 2008) conducted several studies into the effect of adding alumina nanoparticles to epoxy resin for bonding steel samples. Yu et al. (2009) developed epoxy adhesives reinforced with carbon nanotubes, to be utilized in aluminium joints. In particular, they reported that the addition of carbon nanotubes in concentrations up 1 wt% greatly improved the durability of epoxy-based adhesive joint in tests under water at 60°C. Xi et al. (2009) analyzed the electrical conductivity and the shear strength of polyurethane adhesives filled with different kinds of modified graphite, finding that the strength of the adhesive joints to aluminum increased up to a filler content of 20 wt %. Patel et al. (2006) synthesized Nano-composite adhesives based on acrylic polymers and silica or clay, in order to investigate the effect of these nanoparticles on the adhesion behavior of the hybrid adhesives against different substrates (aluminium, wood, and polypropylene). Aluminium and wood joints displayed higher joint strength, because of the interaction of the adhesive with the hydroxyl groups present on the surface of these substrates. Guadagno et al. (2015) have investigated the mechanical performance and morphology of structural adhesives modified by graphene additive. They have shown that considerable enhancement was achieved in epoxy adhesives filled with 1 wt% graphene due to the cumulative influence of inter-molecular interactions among the graphene particles and epoxy adhesive. Silva-Neto et al. (2013) studied the effect of adding graphene on low viscosity adhesives and have shown that the joints with modified adhesives demonstrate higher lap shear strength.

This investigation was aimed to explore the effect of clay Nano particles (CNP) on the shear strength of glass fiber/epoxy composite single lap joints (SLJs). The shear strength of the lap joints was studied comparatively at different weight ratios of CNP in the adhesive

layer. After mechanical tests, Failure loads and effect of additive ratio were presented for each mass rated adhesive with some conclusions.

## MATERIALS

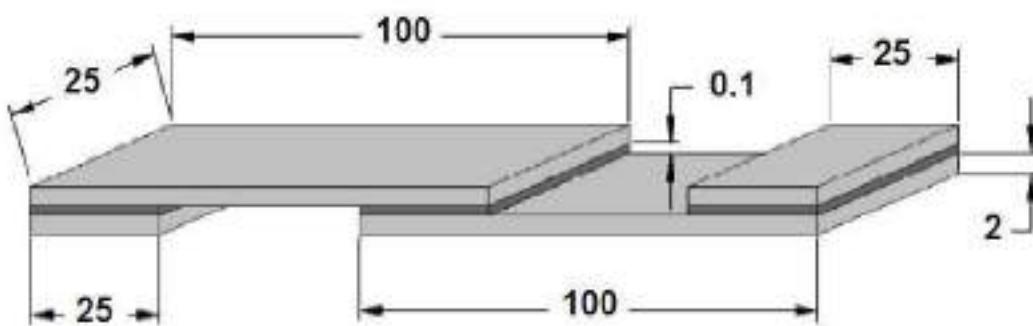
Commercial glass fiber composite plates was purchased from local market in Gaziantep, Turkey. Epoxy (MOMENTIVE-MGS L160) and conjugated hardener (MOMENTIVE-MGS H260S) were provided from DOST Chemical Industrial Raw Materials Industry, Turkey. Montmorillonite Nano clay with 35-45 wt. % dimethyl dialkyl (C14-C18) amine was obtained from Grafen Chemical Industries, Turkey. The density of Nano clay is 200-500 kg/m<sup>3</sup> and the Nano particles are in size of 1-10 nm.

## METHODS

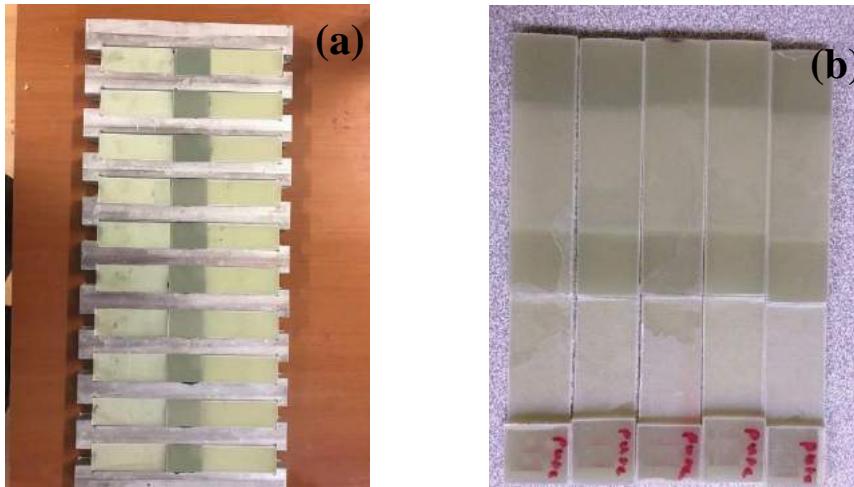
Single lap joint configuration was adopted to produce adhesive joints and lap shear test was utilized in order to study the tensile properties of epoxy/Nano composite structures.

### Preparation of Lap Joint Specimens

The composite plates were cut to substrates by guillotine machine in dimensions of 100 × 25 mm according to ASTM D5868-01 standard. The dimensions of SLJs studied are shown in Figure 1. The adhesive layer was based on epoxy and hardener with a weight ratio of 100:28 according to manufacturing specifications. Then, in case of Nano composite adhesive, CNP fillers were added into epoxy by 1, 2, 3, and 5 wt. % (Table 1). The epoxy/clay mixture was stirred for at least 10 min without hardener in order to reach good distribution of CNP. The mixing time increased with the increase of clay amount to avoid particle aggregation. After that the hardener was added and stirring process was continued for extra 2 min in order to prevent temperature rising of the mixture. Before bonding process, substrate surfaces were cleaned with acetone, abraded with a fine abrasive paper (water proof silicon carbide 'D'166 grade P120D) and then cleaned with acetone again. The measured thickness of composite substrates after abrasion process was 2 mm. An aluminum mold was used to keep substrates in position and to achieve perfect alignment between adherends (Fig. 2 (a)). The adhesive was applied on the substrate surfaces within the specified bonding area. Some test samples can be seen in Figure 2 (b).



**Figure 1. Single Lap Joint Configuration with Dimensions in (mm)**



**Figure 2. Preparation of Adhesive Single Lap Joints; a) Sticking the Composite Substrates, b) Test Samples**

#### **Lap Shear Test**

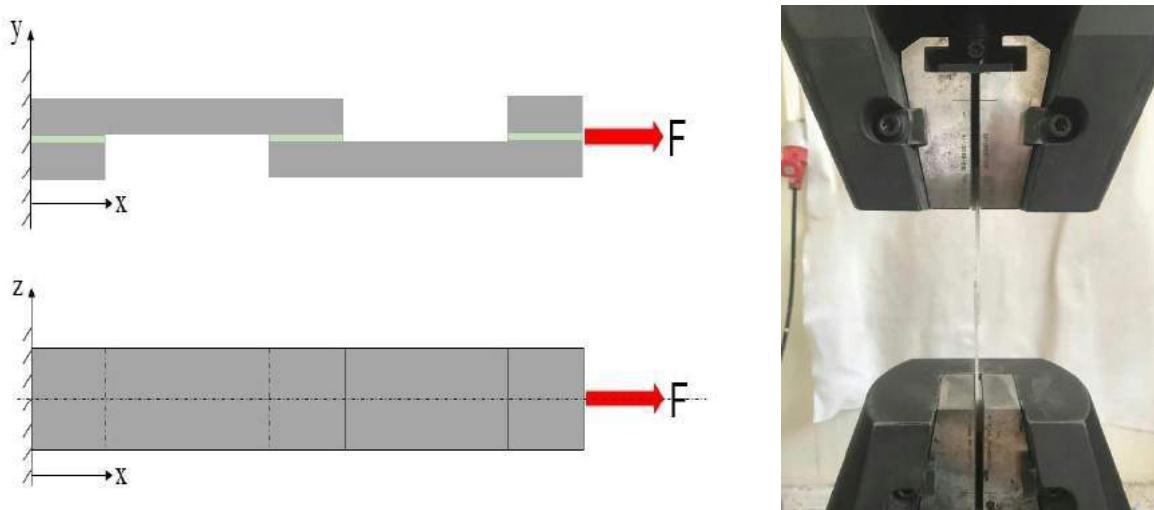
All the tensile experiments were carried out using a universal computer-controlled tensile device type Shimadzu AG-I (Fig. 3 (a)) at room temperature and standard humidity. The cross head speed was 1mm/min according to ASTM D5868-01 standard. The boundary condition and loading are as shown in Figure 3 (b). One end of the lap specimen was pulled away from the other end which was fixed. The overlap length and to the thickness of the adhesive layer of all specimens was fixed. The maximum shear load that the specimens can carry was measured. The SLJ specimens were fractured by subjecting them to shear loads in order to inspect the influence of the CNP reinforcement. Four specimens for each epoxy mixture designed were prepared and tested and the average values were evaluated and adopted. The maximum shear stress ( $\tau_{\max}$ ) acting on the adhesively joints is calculated as follows:

$$\tau_{\max} = \frac{F_{\max}}{bl} \quad (1)$$

Where  $F_{\max}$  is the maximum load recorded during the lap shear tests,  $b$  and  $l$  are the width and the length of the overlap area of the joint, respectively.

(a)

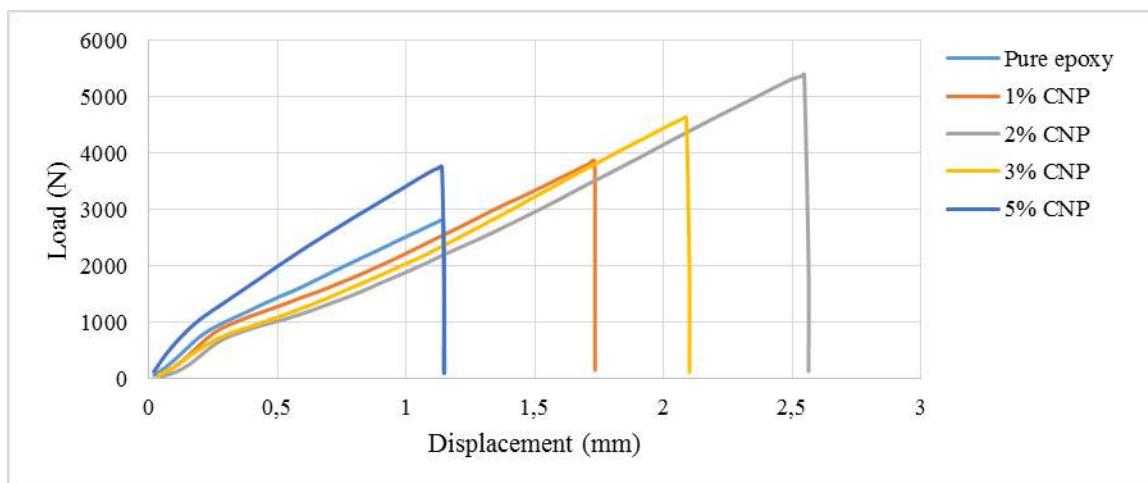
(b)



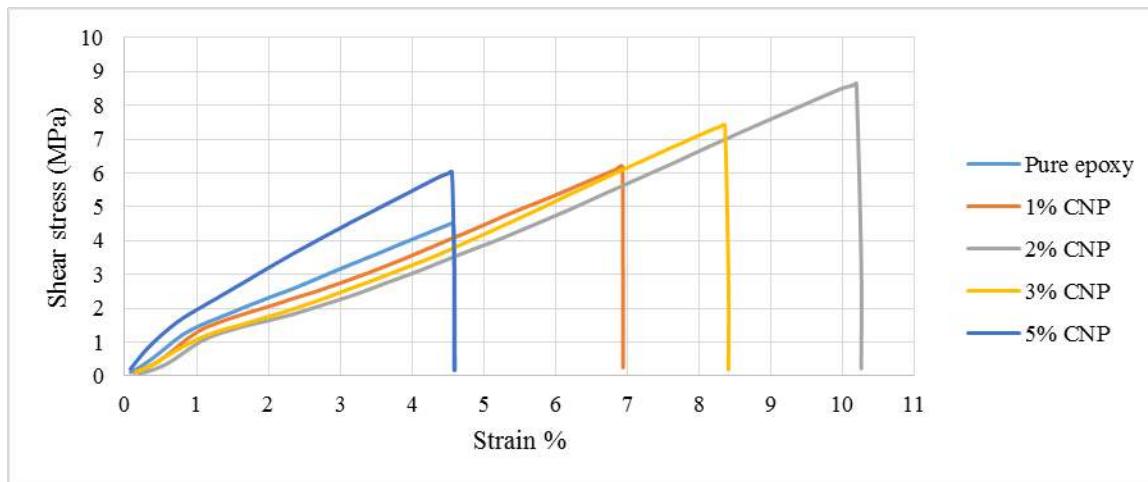
**Figure 3. Illustration of Lap Shear Test; a) Boundary Conditions, b) Tensile Loading**

## RESULTS AND DISCUSSION

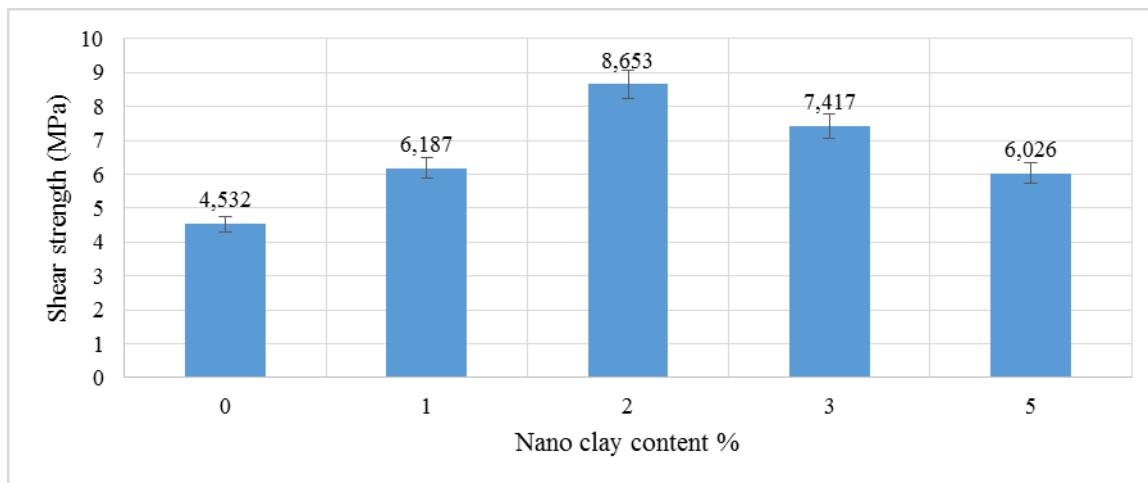
Single lap adhesive bonded joints were prepared with epoxy/CNP composite adhesives and tested under lap shear loading in tension. The joints based on different weight ratios of CNP were tested and compared with control samples of neat epoxy. Two parameters fundamentally dominate the adhesive strength: (a) mechanical characteristics of the epoxy resin and CNP and (b) adhesion properties and viscoelastic behavior of epoxy resin. In previous researches on adhesively joints of epoxy (Saeed and Zhan, 2007), it was noticed that the mechanical properties of the joints increased with the increase of Nano particle content, but, at the same time, their viscoelastic behavior has been changed from liquid-like to solid-like. Thus, it was likely that epoxy containing high weight content of CNP will not have good adhesion properties. The results of lap shear tests in tension on the adhesive joints prepared with epoxy containing different amounts of CNP were obtained and presented in load-displacement diagrams (Fig. 4) and shear stress-shear strain diagrams (Fig. 5). The shear stress was calculated from tensile load applied on adhesive joints divided by overlap bonding area, and the shear strain was obtained from joint displacement divided by overlap length. The maximum shear strength of SLJs (Fig. 6) is estimated using the average maximum shear stress shown in Figure 5. The variations of standard deviation for the results shown in Figure 6 were 0.276 to 0.661 MPa for composite epoxy.



**Figure 4. Load-Displacement Curves for SLJs Reinforced with Different Amount of CNP and Subjected to Tensile Loading**



**Figure 5. Shear Stress-Shear Strain Curves for SLJs Reinforced with Different Amount of CNP and Subjected to Tensile Loading**



**Figure 6. Maximum Shear Strength of SLJs versus CNP Weight Content**



The influence of CNP incorporation into the adhesive layer on the shear strength of SLJs was studied comparatively by the results of adhesive joints reinforced and unreinforced with CNP. It can be seen that the shear strength of adhesive joints increased with the addition of CNP, but above 2 wt. % of CNP, the shear strength decreased. The shear strength values for pure epoxy and epoxy reinforced with 1, 2, 3, and 5 wt. % of CNP were 6.187, 8.653, 7.417, and 6.026 MPa, respectively. The results obtained from the lap shear test can be given in Table 1.

**Table 1. Lap Shear Test Results of SLJs with Various Amount of CNP**

Sample code	Epoxy+Hardener (%)	Clay (wt. %)	Max. Force (kN)	Max. Shear stress (MPa)	Max. Shear strain (%)
T 0	100	0	2832.472	4.532	4.573
T 1	99	1	3867.078	6.187	6.927
T 2	98	2	5408.394	8.653	10.187
T 3	97	3	4635.823	7.417	8.355
T 5	95	5	3766.573	6.026	4.554

The shear strength increased by about 36% and 91% with the addition of 1 and 2 wt. % CNP in the epoxy resin. When CNP content exceeded 2 wt. %, the shear strength of Nano-composite adhesive joints decreased with the increase of Nano clay amount. This can be attributed to the aggregation of particles which causes stress concentration and crack growth in the adhesive layer and lead to sudden failure under lower stresses. However, the results stated that the adhesive joints of Nano composite, for all epoxy/Nano clay designs considered in this study, have shear strength higher than that of control samples. The increase in shear strength was about 36, 91, 63, and 33% for 1, 2, 3, and 5 wt. % of CNP. Much change was noticed in shear strain with the addition of CNP content. The shear strain increased as the CNP increased up to 2 wt. % which resulted in highest shear strain. After that a reduction trend was observed in the shear strain with more addition of CNP than 2 wt. % and the strain value at 5 wt. % was very close to that of neat epoxy. However, for high content ratios, CNP prevent the formation of a homogeneous network in the adhesive layer.

## CONCLUSION

The effect of incorporating clay Nano particles into Epoxy MGS-L160 on the shear strength of SLJs of glass fiber composite samples was investigated. Different weight ratios of Nano particles, namely 1, 2, 3 and 5 wt. % of CNP, were added to the epoxy adhesive in SLJs and the tensile properties were studied. Generally, the experimental results obtained from the axial tensile test and the force-displacement curves for each sample revealed that adding a small weight content of CNP to epoxy adhesive increases the maximum load-carrying capacity by about 91%. The shear strength increased by adding CNP up to 2 wt. % and more than this ratio resulted in decreasing the shear strength. The highest value of shear strength was found for the adhesive joint of epoxy filled with 2% CNP. Strain at



break was increased as CNP content increased in the epoxy adhesive up to 2 wt. % and then decreased with more addition of CNP.

## REFERENCES

- Armstrong, K. B. (1997). Long-term durability in water of aluminium alloy adhesive joints bonded with epoxy adhesives. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 17(2), 89-105.
- Armstrong, K. B., Bevan, L. G., & Cole, W. F. (2005). Care and repair of advanced composites. Society of Automotive Engineers.
- Burkholder, G. L., Kwon, Y. W., & Pollak, R. D. (2011). Effect of carbon nanotube reinforcement on fracture strength of composite adhesive joints. *Journal of materials science*, 46(10), 3370-3377.
- Dorigato, A., Pegoretti, A., Bondioli, F., & Messori, M. (2010). Improving epoxy adhesives with zirconia nanoparticles. *Composite Interfaces*, 17(9), 873-892.
- Ferreira, J. A. M., Reis, P. N., Costa, J. D. M., & Richardson, M. O. W. (2002). Fatigue behaviour of composite adhesive lap joints. *Composites Science and Technology*, 62(10), 1373-1379.
- Gilbert, E. N., Hayes, B. S., & Seferis, J. C. (2003). Nano-alumina modified epoxy based film adhesives. *Polymer Engineering & Science*, 43(5), 1096-1104.
- Gojny, F. H., Wichmann, M. H., Fiedler, B., & Schulte, K. (2005). Influence of different carbon nanotubes on the mechanical properties of epoxy matrix composites—a comparative study. *Composites Science and Technology*, 65(15), 2300-2313.
- Guadagno, L., Sarno, M., Vietri, U., Raimondo, M., Cirillo, C., & Ciambelli, P. (2015). Graphene-based structural adhesive to enhance adhesion performance. *RSC Advances*, 5(35), 27874-27886.
- Iqbal, H. M. S., Bhowmik, S., & Benedictus, R. (2014). Process optimization of solvent based polybenzimidazole adhesive for aerospace applications. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 48, 188-193.
- Isik, I., Yilmazer, U., & Bayram, G. (2003). Impact modified epoxy/montmorillonite nanocomposites: synthesis and characterization. *Polymer*, 44(20), 6371-6377.
- Kim, J. K., Hu, C., Woo, R. S., & Sham, M. L. (2005). Moisture barrier characteristics of organoclay–epoxy nanocomposites. *Composites Science and Technology*, 65(5), 805-813.
- Li, X., Gao, H., Scrivens, W. A., Fei, D., Thakur, V., Sutton, M. A., Myrick, M. L. (2005). Structural and mechanical characterization of nanoclay-reinforced agarose nanocomposites. *Nanotechnology*, 16(10), 2020.
- Lin, J. C., Chang, L. C., Nien, M. H., & Ho, H. L. (2006). Mechanical behavior of various nanoparticle filled composites at low-velocity impact. *Composite Structures*, 74(1), 30-36.
- Liu, W., Hoa, S. V., & Pugh, M. (2005). Fracture toughness and water uptake of high-performance epoxy/nanoclay nanocomposites. *Composites Science and Technology*, 65(15), 2364-2373.
- Meguid, S. A., & Sun, Y. (2004). On the tensile and shear strength of nano-reinforced composite interfaces. *Materials & design*, 25(4), 289-296.
- Miyano, Y., Nakada, M., Ichimura, J., & Hayakawa, E. (2008). Accelerated testing for long-term strength of innovative CFRP laminates for marine use. *Composites Part B: Engineering*, 39(1), 5-12.
- Patel, S., Bandyopadhyay, A., Ganguly, A., & Bhowmick, A. K. (2006). Synthesis and properties of nanocomposite adhesives. *Journal of adhesion science and technology*, 20(4), 371-385.



- Prolongo, S. G., Gude, M. R., & Ureña, A. (2010). Nanoreinforced adhesives. In *Nanofibers*. InTech.
- Ragosta, G., Abbate, M., Musto, P., Scarinzi, G., & Mascia, L. (2005). Epoxy-silica particulate nanocomposites: chemical interactions, reinforcement and fracture toughness. *Polymer*, 46(23), 10506-10516.
- Saeed, M. B., & Zhan, M. S. (2007). Adhesive strength of nano-size particles filled thermoplastic polyimides. Part-I: Multi-walled carbon nano-tubes (MWNT)-polyimide composite films. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 27(4), 306-318.
- Sarathi, R., Kumar, P. R., & Sahu, R. K. (2007). Analysis of surface degradation of epoxy nanocomposite due to tracking under AC and DC voltages. *Polymer degradation and stability*, 92(4), 560-568.
- Silva-Neto, A., Cruz, D. T. L. D., & Ávila, A. F. (2013). Nano-modified adhesive by graphene: the single lap-joint case. *Materials Research*, 16(3), 592-596.
- Varghese, S., Gatos, K. G., Apostolov, A. A., & Karger-Kocsis, J. (2004). Morphology and mechanical properties of layered silicate reinforced natural and polyurethane rubber blends produced by latex compounding. *Journal of applied polymer science*, 92(1), 543-551.
- Vinson, J. R., & Sierakowski, R. L. (1987). *The Behavior of Structures Composed of Composite Materials*. Martinus Nijhoff, Dordrecht: Kluwer-Academic.
- Wernik, J. M., & Meguid, S. A. (2014). Multiscale micromechanical modeling of the constitutive response of carbon nanotube-reinforced structural adhesives. *International Journal of Solids and Structures*, 51(14), 2575-2589.
- Xi, X., Yu, C., & Lin, W. (2009). Investigation of nanographite/polyurethane electroconductive adhesives: preparation and characterization. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 23(15), 1939-1951.
- Xu, S., Dillard, D. A., & Dillard, J. G. (2003). Environmental aging effects on the durability of electrically conductive adhesive joints. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 23(3), 235-250.
- Yao, X. F., Yeh, H. Y., & Zhao, H. P. (2005). Dynamic response and fracture characterization of polymer-clay nanocomposites with mode-I crack. *Journal of composite materials*, 39(16), 1487-1496.
- Yu, S., Tong, M. N., & Critchlow, G. (2009). Wedge test of carbon-nanotube-reinforced epoxy adhesive joints. *Journal of Applied Polymer Science*, 111(6), 2957-2962.
- Zhai, L. L., Ling, G. P., & Wang, Y. W. (2008). Effect of nano-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> on adhesion strength of epoxy adhesive and steel. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 28(1), 23-28.
- Zhai, L., Ling, G., Li, J., & Wang, Y. (2006). The effect of nanoparticles on the adhesion of epoxy adhesive. *Materials Letters*, 60(25), 3031-3033.
- Zhang, J., Jiang, D. D., & Wilkie, C. A. (2006). Fire properties of styrenic polymer-clay nanocomposites based on an oligomerically-modified clay. *Polymer degradation and stability*, 91(2), 358-366.



## ANALYSIS OF THERMAL TRANSPORT THROUGH A FLAT-PLATE SOLAR COLLECTOR INTEGRATED WITH METAL-FOAM BLOCKS

Ahmed ALBOJAMAL

University of California-Riverside

[aalbojamal@engr.ucr.edu](mailto:aalbojamal@engr.ucr.edu)

Arman HAGHIGHI\*

University of California-Riverside

[ahaghghi@engr.ucr.edu](mailto:ahaghghi@engr.ucr.edu)

Hudhaifa HAMZAH

University of Mosul

[hudhaifahamzah@gmail.com](mailto:hudhaifahamzah@gmail.com)

**ABSTRACT:** Forced convective heat transfer in a solar water collector channel with three metal-foam blocks attached on the inside wall, is studied numerically. Darcy equation with the Brinkman and Forchheimer terms is used to analyze the flow in the porous section; and Local thermal equilibrium (LTE) is considered between the working fluid and the porous region. The fluid flow in the channel and the thermal behavior of the system are analyzed considering various parameters such as Darcy number, thermal conductivity ratio, porosity and Reynolds number. The results prevail that the generated recirculation zones between blocks will significantly improve the heat transfer rate from the heated surface; and metallic porous material can perform as effective heat exchangers in thermal applications such as electronic cooling and solar heat collectors.

**Keywords:** solar collector, metal foam, electronic cooling.

### Nomenclature

$A$	aspect ratio, $A = H / H_m$	$T$	temperature [K]
$C$	inertia coefficient	$U$	dimensionless axial velocity
$c_p$	specific heat [ $J / kg \cdot K$ ]	$u$	axial velocity [m/s]
$Da$	Darcy number	$V$	dimensionless transverse velocity
$D_h$	hydraulic diameter [m]	$v$	transverse velocity [m/s]
$d_f$	fiber diameter [m]	$W$	width [m]
$d_p$	mean pore diameter [m]	$X$	dimensionless axial coordinate
$F$	Forchheimer coefficient	$x$	axial coordinate [m]
$G$	shape function	$Y$	dimensionless transverse coordinate
$H$	channel height [m]	$y$	transverse coordinate [m]
$h$	local heat transfer coefficient [ $W / m^2 K$ ]		
$K$	permeability of the porous blocks [ $m^2$ ]		
$k$	fluid thermal conductivity [ $W / mK$ ]		
$L$	total length [m]		
$L_h$	length of absorber plate under solar energy [m]		
$\text{Nu}$	Nusselt number		

### Greek symbols

$\varepsilon$	porosity
$\mu$	dynamic viscosity [ $Pa \cdot s$ ]
$\theta$	dimensionless temperature
$\varepsilon$	porosity



$P$	dimensionless pressure
$p$	pressure [ $N/m^2$ ]
Pr	Prandtl number
$q''$	solar heat flux [ $W/m^2$ ]
$R_c$	thermal conductivity ratio
Re	Reynolds number
$R_x$	length ratio, $R_x = W_m / (W_m + S_m)$
$R_y$	height ratio, $R_y = H_m / H$
$S$	spacing [m]

 $\rho$  density [ $kg/m^3$ ]

### Subscripts

$e$	outlet conditions
$eff$	effective
$f$	fluid
$m$	metal foam
$o$	inlet conditions
$s$	solid

\* Corresponding author (Address all correspondence to: [ahaghghi@email.ucr.edu](mailto:ahaghghi@email.ucr.edu))

## INTRODUCTION

Thermal efficiency enhancement of heat exchanger has received significant attention by the researchers in order to meet the increasing demand to design and implement compact heat exchangers. Different techniques are utilized by the researchers presented in (Albojamal and Vafai, 2017; Wang and Chen, 2002; Chabane, 2014 and Lee and Vafai, 1999) for heat transfer enhancement. Some of them increase the overall thermal conductivity of the working fluid by dispersing small colloidal solid particles, 1-100 nm in diameter. While others worked on altering the surface geometry by using special channel wall shapes such as wavy or corrugated walls.

Direct solar radiation is one of the promising sources of renewable energy. Solar thermal collectors are a special type of heat exchangers that absorb the incoming solar radiation energy, and transfer it to the internal transport medium (Kalogirou, 2004). Flat-plate collectors are the most common type used in residential structures, space heating, and commercial or industrial applications where the demand for hot water has a large impact on energy costs (Kudish, 2002). There is a lot of effort focused on optimizing the flat-plate solar collector by means of reducing their size and increasing the fluid temperature at the outlet. With this goal, various different techniques have been introduced (Bashria et al., 2007; Chabane, 2014; Reddy and Satyanarayana, 2008). Despite the attractive thermal performance of these techniques, heat transfer in flat plate solar collectors still needs further development to reach higher heat transfer rates between heated surface and the fluid.

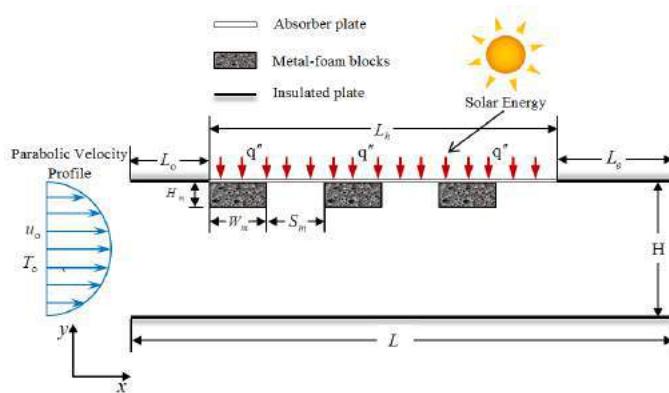
Metallic porous material has emerged over the past decade as a promising new technology for a wide range of applications, such as in compact heat sinks in electronic devices, chemical reformers, combustors and solar thermal collectors. This is due to the attractive thermo-mechanical features of metal-foams including high solid thermal conductivity, lightweight with high strength and rigidity, enhanced flow mixing capabilities of porous matrix and large surface area per unit volume (Lu et al., 1998; Banhart, 2001 and Zhao, 2012). Numerous studies have been carried out on forced convection with steady state flow through a channel partially or fully filled with a metal foam (Qu et al., 2012 and Lu et al., 2017). Angirasa (2002) presented a numerical study for heat transfer in a channel completely filled with rigid metallic materials with high porosity. Lu et al. (2006) analytically investigated the open-cell metal foam fully filled heat exchanger pipes. Their results confirmed that the use of metal-foam can dramatically enhance the heat transfer, but at the expense of a significant increase in the pressure drop. They showed that the pressure loss is three to four times higher than that of an empty channel. This situation impairs the

application of metal foams for most engineering cases requiring low pressure drop. Also, for fully filled channel LTNE model is more accurate and should be used for the flow analysis according to Lee and Vafai (1999). While for partially filled duct, due to the relatively low velocity in the foam region, the temperature difference between solid and fluid phases is minimal and the LTE model may be employed (Xu et al., 2015).

Present study aims to numerically investigate the characteristics of fluid flow and heat transfer through a parallel flat-plate channel solar water collector with multiple metal-foam blocks mounted on the inside wall and by considering Local Thermal Equilibrium (LTE) in the solid-fluid interface. The essential heat and flow interaction between the metal-foam porous block and the working fluid, as well as the methodology of improving the rate of heat transfer near the heated surface and reduced the pressure drop are analyzed and discussed in this work. Our results were compared and validated with the numerical work of (Chikh et al. 1998).

## MATHEMATICAL FORMULATION

The schematic for flat-plate solar collector for forced convection water flow is shown in figure 1 for current study. The water flow through a horizontal parallel-plate channel with three separate metal-foam porous blocks with height  $H_m$  and width  $W_m$ . The channel height is  $H$  and the total length is  $L$ . Constant heat flux  $q''$  is imposed along the length of the absorber plate of length  $L_h$ . The remaining walls are insulated. The height ( $R_y$ ) and length ( $R_x$ ) ratios of the channel are set equal to 0.5 and 0.25 respectively. While the block width ( $W_m$ ) and the spacing between them ( $S_m$ ) set equal to each other. Furthermore, the fluid enters the channel with uniform inlet temperature  $T_o$  and parabolic fully developed velocity profile. A two-dimensional, laminar, incompressible and steady flow with constant thermophysical properties for both the fluid and metal-foam are considered. The buoyancy and radiation effects are neglected. Also, the porous metals are considered as homogenous and isotropic. The area after the last block is chosen to be long enough to ensure fully developed conditions at the channel exit.



**Figure 1. Configuration Under Current Study.**

The momentum equations includes both Brinkman and Forchheimer terms to incorporate the viscous and inertial effects in the porous matrix, while Navier–Stokes is the governing equation in the fluid domain. For simplification, the angle brackets representing volume-averaged variables are dropped in equation pertaining to the porous domain, for example  $\bar{u}$  in the porous region is equivalent to  $u$ . Continuity in the fluid region:



$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

Continuity in the porous region:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (2)$$

Momentum equation in the Fluid region:

$$\rho \left( u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} \right) = - \frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) \quad (3)$$

$$\rho \left( u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} \right) = - \frac{\partial p}{\partial y} + \mu \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) \quad (4)$$

Momentum equation in the Porous region:

$$\frac{\rho}{\varepsilon^2} \left( u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} \right) = - \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\mu}{\varepsilon} \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) - \frac{\mu}{K} u - \frac{\rho F \varepsilon}{\sqrt{K}} |\vec{u}| u \quad (5)$$

$$\frac{\rho}{\varepsilon^2} \left( u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} \right) = - \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\mu}{\varepsilon} \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) - \frac{\mu}{K} v - \frac{\rho F \varepsilon}{\sqrt{K}} |\vec{u}| v \quad (6)$$

where  $|\vec{u}| = \sqrt{u^2 + v^2}$

The properties of porous matrix of metal foam,  $K$  and  $F$ , for momentum equation are taken from Calmudi, (1998). These empirical correlations are shown as follows:

$$F = 0.00212 (1 - \varepsilon)^{0.132} \left( \frac{d_f}{d_p} \right)^{-1.63} \quad (7)$$

$$\frac{K}{d_p^2} = 0.00073 (1 - \varepsilon)^{-0.224} \left( \frac{d_f}{d_p} \right)^{-1.11} \quad (8)$$

where  $d_f / d_p$  is also given as a function of the porosity:

$$\frac{d_f}{d_p} = 1.18 \sqrt{\frac{(1 - \varepsilon)}{3\pi}} \frac{1}{G} \quad (9)$$

where  $G$  is the shape function:

$$G = 1 - e^{-(1-\varepsilon)/0.04} \quad (10)$$

It should be noted that different values of  $\varepsilon$  were chosen in this study which correspond to  $d_f$  and  $d_p$  values as shown in Table 1.  $F$  and  $K$  values which were calculated from equations (7) and (8) respectively which also are presented in Table 1. Corresponding fluid flow boundary conditions:

- inlet at  $x = 0$ :  $u = u_o 6(y/H)^{1/2} - (y/H)^{3/2}$ ,  $v = 0$  (fully developed flow) (11a)

- lower plate at  $y = 0$ :  $u = 0$ ,  $v = 0$  (no-slip condition) (11b)

- upper plate at  $y = H$ :  $u = 0$ ,  $v = 0$  (no-slip condition) (11c)

- exit at  $x = L$ :  $\frac{\partial u}{\partial x} = 0$ ,  $v = 0$  (fully developed flow) (11d)



Matching conditions are applied at the fluid-porous interface, (i.e. the continuity of velocity components and stresses are invoked). The governing energy equations are written for the metal-foam and fluid phase based on the local thermal equilibrium between them:

Energy equation in the fluid region:

$$u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} = \frac{k}{\rho c_p} \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) \quad (12)$$

Energy equation porous region:

$$u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} = \frac{k_{eff}}{\rho c_p} \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) \quad (13)$$

where  $k_{eff} = \varepsilon k_f + (1 - \varepsilon)k_s$ . Corresponding energy boundary conditions:

- inlet ( $x = 0$ ):  $T = T_\circ$  (14a)

- lower plate ( $y = 0$ ):  $\frac{\partial T}{\partial y} \Big|_{y=0} = 0$  (14b)

- upper plate ( $y = H$ ):  $\frac{\partial T}{\partial y} \Big|_{y=H} = \begin{cases} 0 & \text{insulated walls} \\ -\frac{q''}{k_{eff}} & \text{horizontal walls adjacent to blocks} \\ -\frac{q''}{k} & \text{horizontal walls adjacent to fluid} \end{cases}$  (14c)

- exit ( $x = L$ ):  $\frac{\partial T}{\partial x} = 0$  (14d)

Continuity of temperatures and heat flux are also invoked at fluid-porous interface regions.

### Nondimensional Form

The governing equations and closure conditions are normalized, utilizing the following parameters:

$$\begin{aligned} X &= \frac{x}{H}, \quad Y = \frac{y}{H} \\ U &= \frac{u}{u_\circ}, \quad V = \frac{v}{u_\circ}, \quad P = \frac{P}{\rho u_\circ^2}, \quad \theta = \frac{T - T_\circ}{q(H/k_{eff})} \\ R_c &= \frac{k_{eff}}{k}, \quad Da = \frac{K}{H^2}, \quad C = F \cdot \varepsilon, \quad Re = \frac{\rho u_\circ H}{\mu}, \quad Pr = \frac{\mu c_p}{k} \end{aligned}$$

Again, for simplification, the angle brackets representing volume-averaged variables are dropped in equation pertaining to the porous domain. Therefore, the normalized governing equations are as follows, continuity:

$$\frac{\partial U}{\partial X} + \frac{\partial V}{\partial Y} = 0 \quad (15)$$



Equations (2–5) may be combined in a single form for both fluid and porous domains and then written in a dimensionless form as:

Momentum:

$$\frac{1}{\varepsilon^2} \left( U \frac{\partial U}{\partial X} + V \frac{\partial U}{\partial Y} \right) = - \frac{\partial P}{\partial X} + \frac{1}{\varepsilon \cdot \text{Re}} \left( \frac{\partial^2 U}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial Y^2} \right) - \frac{1}{\text{Da Re}} U - \frac{C}{\sqrt{\text{Da}}} |\vec{U}| U \quad (16)$$

$$\frac{1}{\varepsilon^2} \left( U \frac{\partial V}{\partial X} + V \frac{\partial V}{\partial Y} \right) = - \frac{\partial P}{\partial Y} + \frac{1}{\varepsilon \cdot \text{Re}} \left( \frac{\partial^2 V}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial Y^2} \right) - \frac{1}{\text{Da Re}} V - \frac{C}{\sqrt{\text{Da}}} |\vec{U}| V \quad (17)$$

In fluid region, the porosity  $\varepsilon$  and the Darcy number Da are respectively set equal to unity and infinity. Boundary conditions are:

- inlet at  $X = 0$ :  $U = 6(Y)[1 - Y]$        $V = 0$       (18a)

- lower plate at  $Y = 0$ :  $U = 0$        $V = 0$       (18b)

- upper plate at  $Y = 1/2$ :  $U = 0$        $V = 0$       (18c)

- exit at  $X = L/D_h$ :  $\frac{\partial U}{\partial X} = 0$        $V = 0$       (18d)

Similar to the flow field, the governing Eqs. (11) and (12) for the thermal field are combined into a single equation as follows:

$$U \frac{\partial \theta}{\partial X} + V \frac{\partial \theta}{\partial Y} = \frac{R_c}{\text{Re Pr}} \left( \frac{\partial^2 \theta}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial Y^2} \right) \quad (19)$$

where  $R_c$  is set to unity in the fluid region. Non-dimensional boundary conditions are:

- inlet at  $X = 0$ :  $\theta = 0$       (20a)

- lower plate at  $Y = 0$ :  $\frac{\partial \theta}{\partial Y} \Big|_{y=0} = 0$       (20b)

- upper plate at  $Y = 1/2$ :  $\frac{\partial \theta}{\partial Y} \Big|_{y=1/2} = \begin{cases} 0 & \text{insulation walls} \\ -\frac{1}{R_c} & \text{horizontal walls adjesent to blocks} \\ -1 & \text{horizontal walls adjesent to fluid} \end{cases}$       (20c)

- exit at  $X = L/D_h$ :  $\frac{\partial \theta}{\partial X} = 0$       (20d)

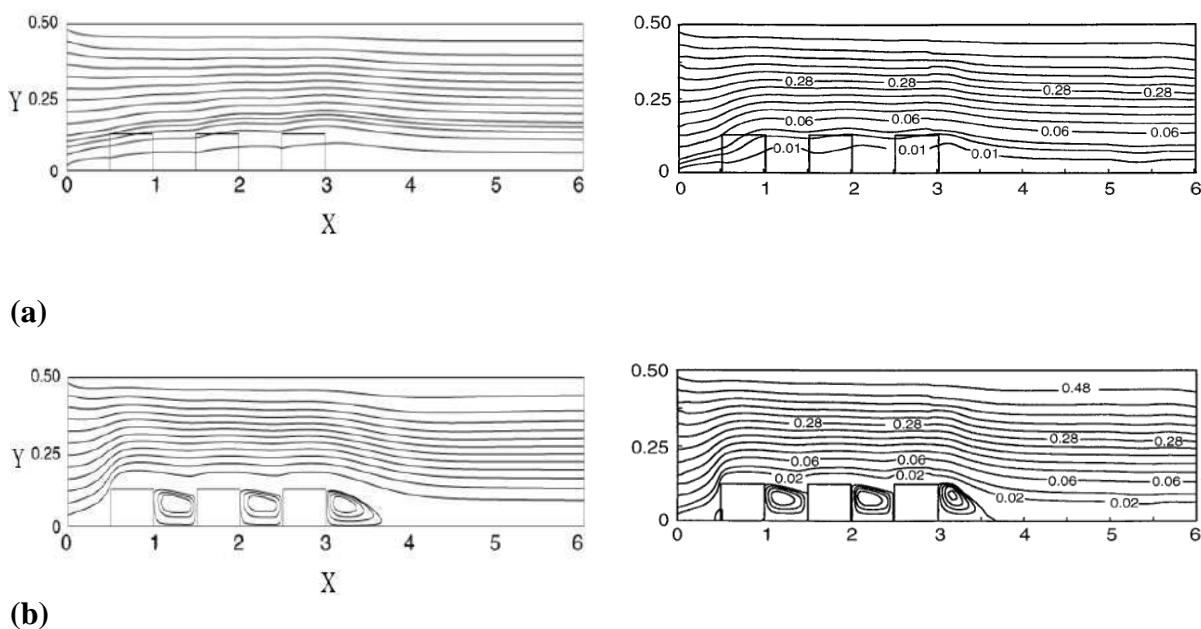
## NUMERICAL METHOD

The governing equations and the boundary conditions are numerically solved using the commercial software COMSOL Multiphysics 5.2a which utilizes finite element method (FEM). The temperature, fluid velocity and the heat flux at the solid-fluid interface were

coupled using multiphysics module. Triangular elements with minimum size of  $4 \times 10^{-4}$  are considered for meshing. Furthermore, highly packed mesh near the metal foam blocks and walls are utilized to capture the interface condition, wall temperature and heat flux.

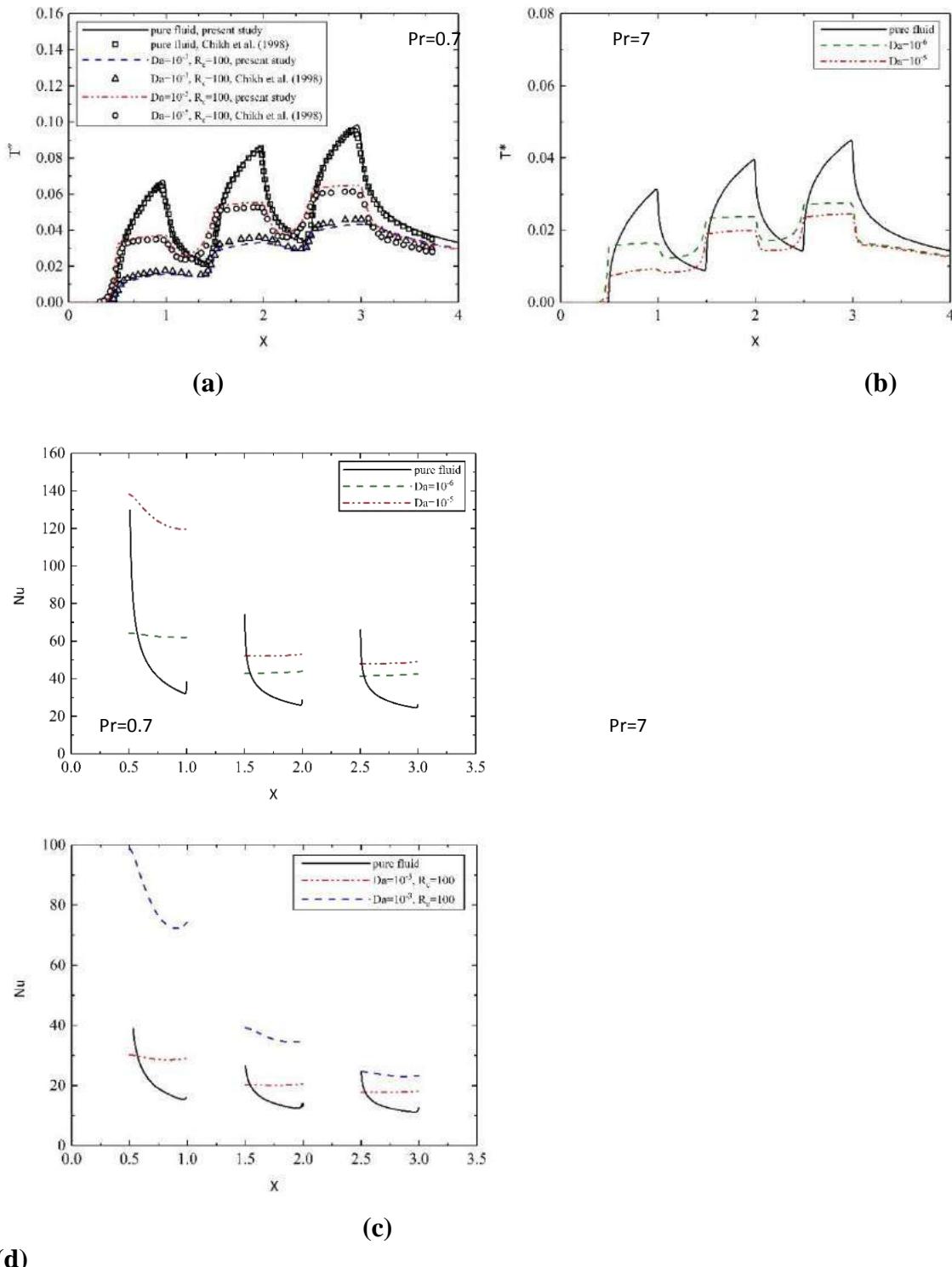
## RESULTS AND DISCUSSION

Results from our computational model were first compared with the numerical data from Chikh et al. (1998) for validation purposes. They studied an electronic cooling system using three regular, not metallic, porous blocks mounted on the lower plate of channel which is also heated through the lower plate (Figure 2). Comparison of streamlines with their work for  $Re = 500$ ,  $A = 4$ ,  $R_y = 0.25$ ,  $R_x = 0.5$ ,  $H = 0.5$ ,  $\varepsilon = 0.6$ ,  $Pr = 0.7$  and two Darcy numbers are presented in Figure 2. As the permeability of the porous medium increases (i.e.  $Da = 10^{-3}$ ) more fluid penetrates into the blocks. Additionally, the flow rate that goes into the first block is bigger compared to the flow rate passing through the other ones leading to enhancement of heat transfer as shown in figure 2(a). However, for low Darcy number ( $Da \leq 10^{-5}$ ), the higher pressure of the flow in the area closer to the center of the channel compared to the area between the blocks results in recirculation of the fluid in these zones as shown in figure 2 (b). The resulting vortices prevents the fluid from flowing through the next porous block and as a result from the second block onwards, the metal foams tend to act relatively as solid non-permeable slabs.



**Figure 2. Streamlines Validation with Chikh et al. (1998) Results for The Same Stream Function Values at  $Re = 500$ ,  $R_x = 0.5$  and  $A = 4$ : (a)  $Da = 10^{-3}$ , (b)  $Da = 10^{-5}$ .**

Figure 3 (a) shows the comparison of the dimensionless wall temperature profile for  $Re = 500$  and  $A = 4$  with Chikh et al. (1998) for thermal conductivity ratios as high as  $R_c = 100$ . It is clearly shown that the presence of the porous blocks will reduce the wall temperature as the  $Da$  increases compared to the pure fluid case. For example, when  $Da = 10^{-3}$  and  $Da = 10^{-5}$  the average decrement in the wall temperature was found to be 56% and 18% respectively compared to the case without any blocks.



**Figure 3. (a) Comparison of Dimensionless Wall Temperature with Those of Chikh et al. (1998) Results, (b) Dimensionless Wall Temperature Profile for Water Flow, (c and d) Local Nusselt Number Along The Axial Direction for  $Re=500$  and  $A=4$ .**

We increased Prandtl number from 0.7 (air) to 7 (water) (Figure 3 (b)); which leads to increase in the thermal entrance length and substantially decreases the wall temperature; which ultimately increases the Nusselt number, particularly in the first block as shown in



figures 3 (c and d). When air is used, the average rate of heat transfer enhancement through the first block (compared to the case without porous blocks) is found to be 278% and 135%, for  $Da = 10^{-3}$  and  $Da = 10^{-5}$  respectively. Since using multiple blocks results in a considerable pressure drop penalty, it restricts their implementation for practical purposes. In other words, applying one porous block seems to be desirable for further energy efficiency in certain thermal applications with limitations on the pumping power, such as electronic cooling. Nevertheless our results are in very good agreement with Chikh et al. (1998) numerical results, which establishes our computational model as robust and reliable to study the setting at hand.

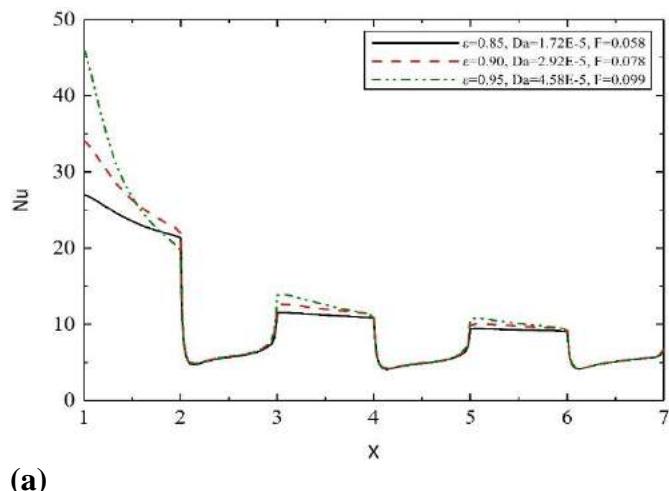
The aluminum foam heat sinks are employed in the present study as shown in figure 1. The solid materials are made of aluminum-alloy and its corresponding properties are shown in table 1. Water is used as the working fluid ( $\rho=998.2 \text{ kg/m}^3$  and  $k=0.6 \text{ W/m K}$ ). The effect of some important parameters such as porosity ( $0.85 \leq \varepsilon \leq 0.95$ ), Darcy number ( $1.72 \times 10^{-5} \leq Da \leq 4.58 \times 10^{-5}$ ) and Reynolds number ( $250 \leq Re \leq 1000$ ) on the hydrodynamic and thermal behavior of the model is explored. Furthermore, the fluid enters the channel with uniform temperature and parabolic velocity profile representing fully developed conditions. To illustrate the effect of the aforementioned physical parameters, results (Nu and the flow) are only presented in the area with the blocks and the heat source as well as their vicinity.

**Table 1. Properties of Metal-Foams for Various Porosities. Calmidi et al. (2000)**

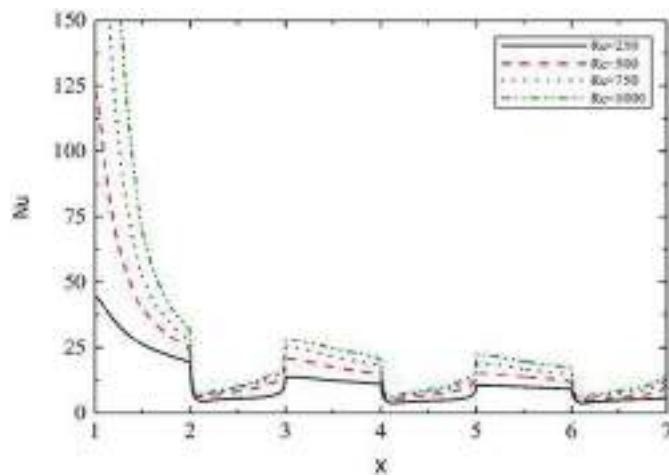
metal-foam	$\varepsilon$	$d_f$ (mm)	$d_p$ (mm)	Da	F	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	k (W/m K)
aluminum-alloy T6201	0.85	0.4	2.62	1.72E-05	0.058	2690	218
	0.90	0.4	3.02	2.92E-05	0.078		
	0.95	0.4	3.32	4.58E-05	0.099		

Figure 4 shows the local Nusselt number along the heated wall for aluminum-alloy T6201. As Darcy number increases the heat exchange rate between the solid and the fluid phases inside the porous metal-foam region becomes more considerable. It can be seen from figure 4 that the Darcy number has a significant impact on the local Nusselt number distribution, especially inside the first metal-foam block. As porosity increases to 0.95 and subsequently Da increases to  $4.58 \times 10^{-5}$ , the average rate of increment in the Nusselt number was found to be 13%. Therefore, it can be concluded that Darcy number plays a prominent role in heat transfer enhancement of the porous metal foam compared to lower porosity cases.

Figure 4 (b) shows the local Nusselt number for  $\varepsilon=0.95$  and  $Da=4.58 \times 10^{-5}$  at different Reynolds numbers. It is clear that the Nusselt number is directly proportional to the Re. The maximum enhancement ( $Nu_{Re=1000}/Nu_{Re=250}$ ) in this study was found to be 301% at  $\varepsilon=0.95$ .



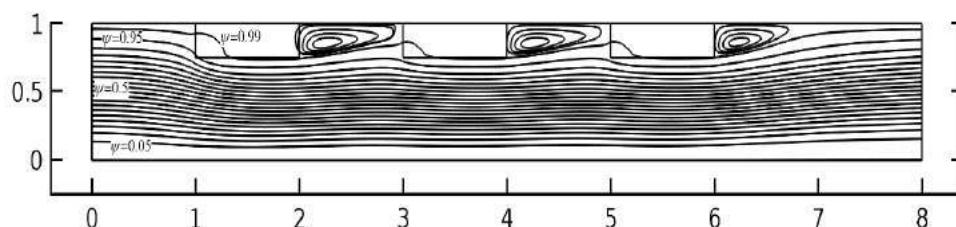
(a)

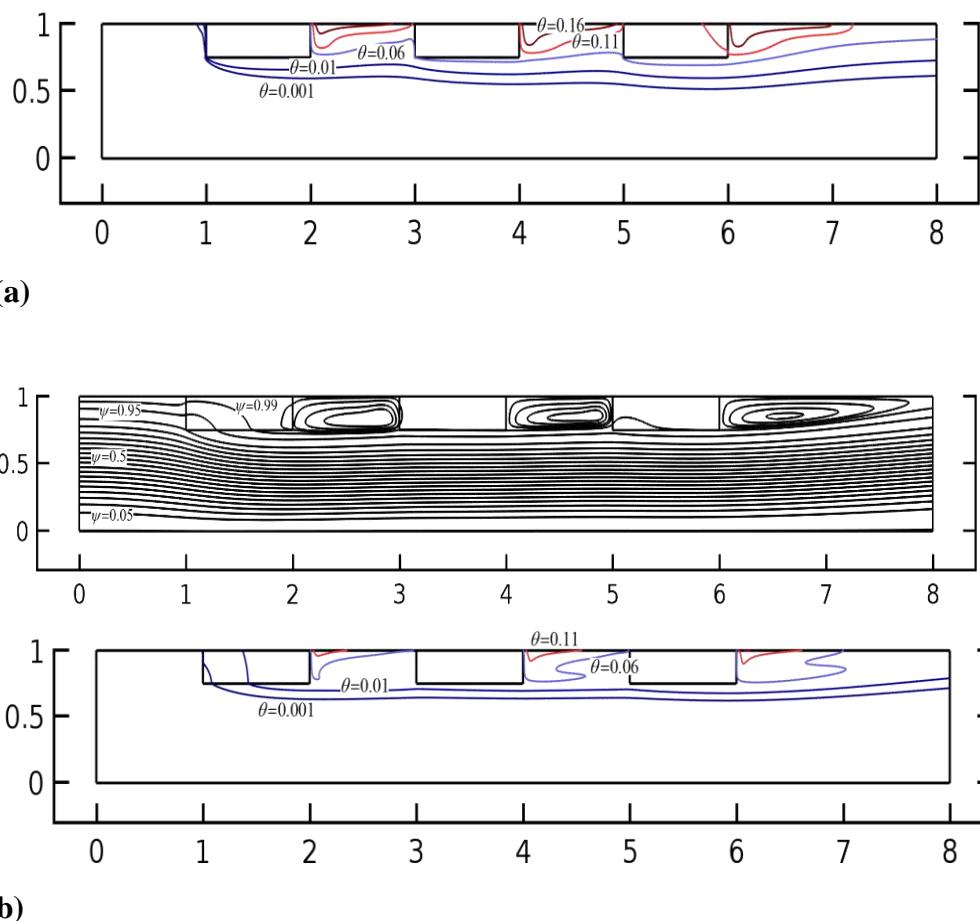


(b)

**Figure 4. Local Nusselt Number Along The Channel Axis for Aluminum-Alloy T6201 at: (a)  $Re=250$  and Different Porosities, (b)  $\epsilon = 0.95$ ,  $Da=4.58 \times 10^{-5}$ ,  $F=0.099$  and Different Reynolds Number.**

Figure 5 shows the streamlines and dimensionless temperature contours for different Reynolds numbers. At high Reynolds numbers (i.e.  $Re=1000$ ), the size of recirculation zones between the blocks increases and their center is pushed towards channel central region. From the isotherm contours, highest values of isothermal lines are localized near the heated wall and gradually fading towards the core region, due to the fact that the conduction heat transfer is more dominant in this part. As such, the temperature gradient and isothermal density near the wall increases when Reynolds number increases.





**Figure 5. Streamlines and Dimensionless Temperature Contours Respectively for  $\varepsilon=0.95$ ,  $Da=4.58\times10^{-5}$  and  $F=0.099$  at: (a)  $Re=250$ , (b)  $Re=1000$ .**

## CONCLUSION

Heat transfer in a parallel-plate solar water channel with integrated aluminum-alloy metal foam blocks has been studied numerically. For the porous region, the Brinkman-Forchheimer extension of the Darcy law was applied while Local thermal equilibrium was assumed between water, as the working fluid and the metallic porous section. Our results show that Darcy number plays a significant role in heat transfer enhancement compared to parameters such as porosity or the inertial coefficient of the blocks. Moreover, it is observed that most of the enhancement is resulted from the interactions between the fluid and the first porous block. Therefore, one block would be a better choice in certain applications with pumping power limitations. The maximum thermal enhancement for the studied configurations shows 3 times increase in Nusselt number compared to the case with no blocks. Based on the results, metal foam heat exchangers can be considered as a promising solution to increase heat transfer enhancement in applications such as solar collectors and electronic cooling applications.

## RECOMMENDATIONS



Nanofluids flow such as Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> can be considered as an extra type of heat transfer enhancement coupled with metal-foam blocks.

## REFERENCES

- Albojamal, A., Vafai, K. (2017) 'Analysis of single phase, discrete and mixture models, in predicting nanofluid transport', International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 114, pp. 225–237. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001793101732077X>
- Angirasa, D.(2002) 'Forced Convective Heat Transfer in Metallic Fibrous Materials', Journal of Heat Transfer, Vol. 124, pp. 739–745. <http://heattransfer.asmedigitalcollection.asme.org/article.aspx?articleid=1445893>
- Banhart, J. (2001) 'Manufacture, characterisation and application of cellular metals and metal foams', Progress in Materials Science, Vol. 46, pp. 559–632. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079642500000025>
- Bashria, A., Yousef, A., Adam, N.M., Sopian, K., Zaharim , A., Alghoul, M. (2007) 'Analysis of Single and Double Passes V-Grooves Solar Collector With and Without Porous Media', International Journal of energy and environment, Vol. 1, pp. 109–114. <https://www.researchgate.net/publication/241906626>
- Calmidi, V. V. (1998). Transport phenomena in high porosity metal foams. Ph.D. Thesis, University of Colorado, Boulder, CO. Retrieved from <http://abcm.org.br/anais/encit/2000/arquivos/palestras/mahajan.pdf>
- Calmidi, V. V., & Mahajan, R. L. (2000). Forced convection in high porosity metal foams. Retrieved from <http://heattransfer.asmedigitalcollection.asme.org/article.aspx?articleid=1444400>
- Chabane, F., Hatraf, N., Moummi, N. (2014) 'Experimental study of heat transfer coefficient with rectangular baffle fin of solar air heater', Front. Energy, Vol. 8, pp. 160–172. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11708-014-0321-y>
- Chikh, S., Boumediен, A., Bouhadef, K., Lauriat , G. (1998) 'Analysis of fluid flow and heat transfer in a channel with intermittent heated porous blocks', Heat and Mass Transfer, Vol. 33, pp. 405–413. <https://link.springer.com/article/10.1007/s002310050208>
- Kalogirou, S.A. (2004) 'Solar thermal collectors and applications', Progress in Energy and Combustion Science, Vol. 30, pp. 231–295. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360128504000103>
- Kudish, A.I., Evseev, E.G., Walter, G., Leukefeld, T. (2014) 'Simulation study of a solar collector with a selectively coated polymeric double walled absorber plate', Energy Conversion and Management, Vol. 43, pp. 651–671. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890401000668>
- Lee, D.Y., Vafai, K. (1999) 'Analytical characterization and conceptual assessment of solid and fluid temperature differentials in porous media', International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 42, pp. 312-324. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0017931098001859>
- Lu, T.J., Stone, A.H., Ashby, M.F. (1998) 'Heat transfer in open-cell metal foams', Acta mater, Vol. 46, pp. 3619–3635. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359645498000317>
- Lu, W., Zhang, T., Yang, M., Wu, Y. (2017) 'Analytical solutions of forced convective heat transfer in plate heat exchangers partially filled with metal foams', International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 110, pp. 476–481. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0017931016326060>



- Lu, W., Zhao, C.Y., Tassou, S.A. (2006) 'Thermal analysis on metal-foam filled heat exchangers. Part I: Metal-foam filled pipes', *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 49, pp. 2751–2761.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0017931006000524>
- Patankar, S.V. (1980) 'Numerical heat transfer and fluid flow', Mc Graw Hill, New York.
- Qu, Z.G., Xu, H.J., Tao, W.Q. (2012) 'Fully developed forced convective heat transfer in an annulus partially filled with metallic foams: An analytical solution', *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 55, pp. 7508–7519.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0017931012005844>
- Reddy, K.S., Satyanarayana, G.V. (2008) 'Numerical study of porous finned receiver for solar parabolic through concentrator', *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics*, Vol. 2, pp. 172–184. <https://www.researchgate.net/publication/308086401>
- Wang, V.C., Chen, C.K. (2002) 'Forced convection in a wavy-wall channel', *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 45, pp. 2587–2595.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0017931001003350>
- Xu, H., Gong, L., Huang, S., Xu, M. (2015) 'Flow and heat transfer characteristics of nanofluid flowing through metal foams', *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 83, pp. 399–407.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0017931014011144>
- Zhao, C.Y. (2014) 'Review on thermal transport in high porosity cellular metal foams with open cells' *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 55, pp. 3618–3632.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0017931012001664>



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



THIS PAGE  
INTENTIONALLY  
LEFT BLANK



## EFFECT OF STEAM CURING BY SOLAR ENERGY ON THE MECHANICAL STRENGTH AND DURABILITY OF CONCRETES

Ben Khadda BEN AMMAR

Department of Civil Engineering, University of Biskra, Algeria

babkdeba\_fr@yahoo.fr

Bouzidi MEZGHICHE

Department of Civil Engineering, University of Biskra, Algeria

bmezghiche@yahoo.fr

**ABSTRACT:** The influence of atmospheric steam curing by solar energy on the mechanical strength for precast concrete elements was investigated. An experimental program was carried out to study in parallel the effect of water/cement ratio (0.4, 0.5 and 0.6), the influence of cement type and the influence of curing methods (four methods of curing were used: water curing, air curing, steam curing at 29°C and steam curing at 45°C) on the compressive and flexural strength of samples concrete. Six similar formulations of workability are made from ordinary Portland cement (CEM I 42.5) and a compound cement (CEM II/B 42.5), three of each type are studied. The results obtained flow highlight the beneficial effect of a steam curing procedure to achieve high compressive and flexural strength, especially in the earlier ages of curing. However, after 28 days of steam curing, a strength reduction was observed in all samples.

**Key words:** concrete, mechanical strength, steam curing, solar energy, precast elements.

### INTRODUCTION

Atmospheric steam curing is a heat treatment which has been used for many years to accelerate the strength development of precast concrete products. Because of the hydration rate of cement increases with the increase in temperature, the gain of strength can be speeded up by curing concrete in steam. When steam is generated in atmospheric pressure, the temperature is below 100 °C; the process can be regarded as a special case of moist curing in which the vapour-saturated atmospheres ensures a supply of water (Hanson J.A.1963 and Neville A.M.1981).

It is confirmed that the steam curing at low pressure could improve the quality of high performance concrete incorporating mineral admixtures, comparing with standard curing (Maltais Y et al. 1997).

The curing temperature will be a compromise between rate of strength gain and ultimate strength, because of the higher, the curing temperature, the lower and the ultimate strength (Mindess et al. 1981).

The primary factors determining the behavior of cements subjected to heat treatment are fineness and composition of cements, the type and amount of additives used in blended cements and curing cycle parameters. For compressive strength development of concrete, duration of steam curing is also an important parameter as well as temperature (Oztekin E. 1984).

Erdem et al. (2003) concluded that in the delay in the commencement of steam curing operation by a period equal to the initial setting time of cement, higher strengths were obtained when the delay period was equal to the setting time. However, it is clear that the effect of the humidity during curing is a major consideration that cannot be ignored. Steam curing continues until the minimum is reached strength deemed essential to the performance of the element after demolding (Vénuat M. 1989), this minimum would be difficult to determine a priori because it depends on the shape more or less massive parts, and depends on the nature of the stresses to which they submitted after release. To fix ideas, we may admit that in the absence of any external load, the minimum strength to compressive should be located around 50 to 60% of the required strength (at 28 days under natural conditions) is 10 MPa (ACI 517.2R-87. 1992), which can transport and store the parts in concrete rooms for a natural hardening to ambient air in the realization of business without breaking. The required objective is to evaluate through experiments the influence of atmospheric steam curing on the mechanical strength of concrete.

### Experimental Program

In this section we present the materials used, formulation of concrete and the preparation of specimens.

### Materials

#### Cement

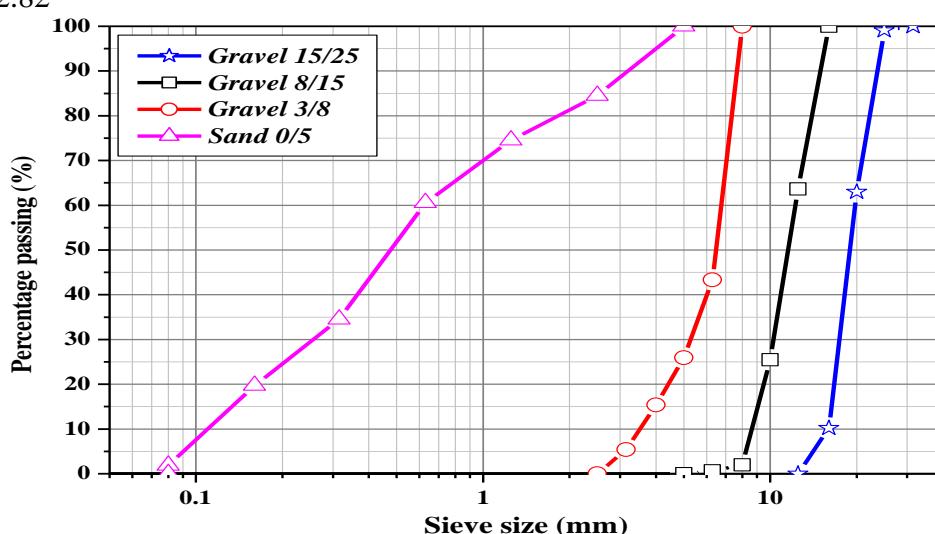
The cement that was used is composed Portland cement CEM II/B 42.5 (Biskra - Algeria). Fineness = 3300 cm<sup>2</sup>/g, apparent density = 1215 kg/m<sup>3</sup> and specific density = 3150 kg/m<sup>3</sup>.

#### Water

The water is drinking water and having a temperature of  $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ . Its quality conforms to the requirements of standard NFP 18-404.

#### Sand

The sand used is from the region of Biskra (Algeria). The grading curve of sand is given in fig.1. Apparent density = 1630 kg/m<sup>3</sup>. Specific density = 2650 kg/m<sup>3</sup>, Fineness modulus = 2.82



**Figure 1. Grading Curve Of Sand And Crushed Stone**

*Crushed stone*

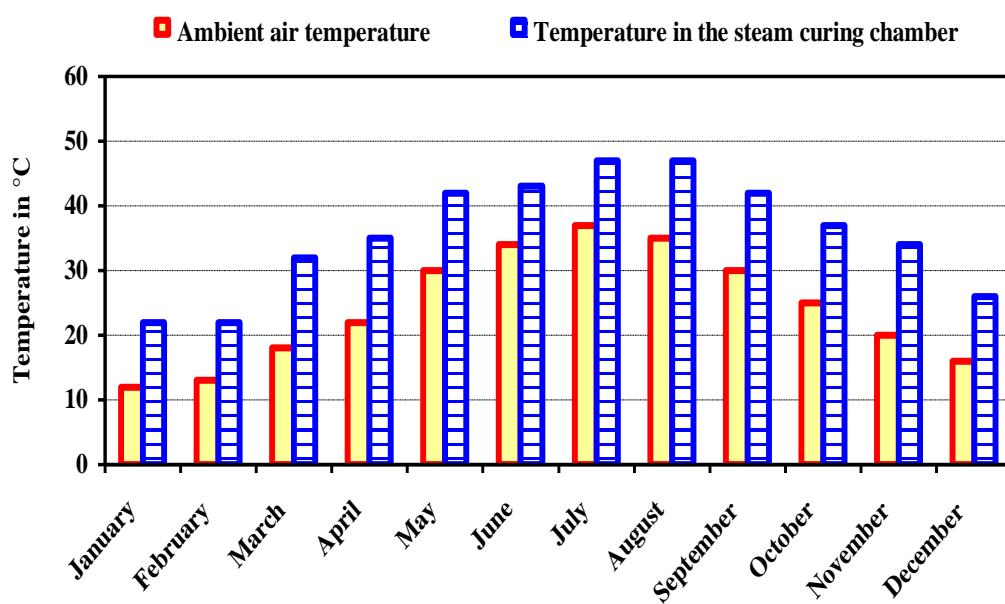
We used crushed stone (CS) fraction 3/8, 8/15 and 15/25 mm of the region Batna in Algeria. The grading curve of crushed stone is given in figure 1, Apparent density = 1340 kg/m<sup>3</sup>, Specific density = 2610 kg/m<sup>3</sup>.

#### *Study of the temperature in the steam curing chamber and at ambient air*

Our study is first to raise the temperatures in the open air using a thermometer and within the confines of conservation (Figure 2) by other thermometers hourly and daily same time of 07 h to 21 h for 12 months of the year, the average of these monthly records are illustrated in figure 3.



**Figure 2. Steam Curing Chamber**



**Figure 3. Monthly Exchange In Outdoor Temperatures And The Steam Curing Chamber**

#### *Formulation of concrete*

Optimizing the formulation of concrete based on several criteria that are often a compromise between them: consistency, strength, durability and economy. Before the multiplicity of methods used to determine the composition of concrete was used that gives accurate results and seems to be the least known. This is the method of B. Scramtaiv. Whose consistency is such that its cone slump of 7 cm. In all tests the w/c = 0.4, A = 0.6, D<sub>max</sub> = 25 mm and S/CS = 0.33. The composition of concrete is reported in table 1.

**Table 1. Composition of Concrete (kg/m<sup>3</sup>)**

Cement	Sand	Crushed stone (7/15)	Crushed stone (15/25)	Water
--------	------	-------------------------	--------------------------	-------



---

512      407      432      802      205

---

From the graphs of the temperature variation with time of 12 months, we can say that for six months from April to September, the average temperature coefficient ( $K_1 = 1.70$ ), and October to March, the average temperature coefficient is: ( $K_2 = 1.40$ ). With:  $T^\circ$  is the temperature in  $^\circ\text{C}$  and  $K$ : the average temperature coefficient ( $K = 1.55$ ). Based on the findings deduced from the variation curves of temperature versus time inside the chamber, we select the six months which corresponds to the seasons: spring and summer as shown in Table 2.

**Table 2. Steaming Cycles And Maximum Temperatures In The Room (Spring-Summer)**

Month	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sept
Cycles	$3 \times 8 \times 3$	$3 \times 8 \times 3$	$3 \times 8 \times 3$	$3 \times 9 \times 3$	$3 \times 9 \times 3$	$3 \times 8 \times 3$
Max. $T^\circ$	38	43	44	46	48	43

We opt for steam curing cycle 1: ( $3 \times 8 \times 3$ ) with a maximum temperature bearing  $45^\circ\text{C}$ . We do the same for the other six (06) months representing the fall and winter and the pattern of the cycle.

**Table 3. Steaming Cycles And Maximum Temperatures In The Room (Autumn - Winter)**

Month	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar
Cycles	$3 \times 8 \times 3$	$3 \times 7 \times 3$	$3 \times 7 \times 3$	$3 \times 7 \times 3$	$3 \times 7 \times 3$	$3 \times 8 \times 3$
Max. $T^\circ$	34	32	30	28	23	34

We opt for steam curing cycle<sub>2</sub>: ( $3 \times 7 \times 3$ ) with a maximum temperature bearing  $29^\circ\text{C}$ .

#### ***Preparation of specimens***

The strength is expressed by the power of concrete to resist destruction under the action of stresses due to different compressive loads and flexural.

Specimens of cubic ( $100 \times 100 \times 100$  mm) were produced to determine the compressive strength, other form of prismatic ( $100 \times 100 \times 400$  mm) to determine the flexural strength.

The concretes studied: a control concrete stored in water at an ambient temperature of  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ , concrete cured outdoors without irrigation, and concretes subjected to two cycles of steam curing.

The steam curing cycle must include four phases: delay period; temperature rises; maximum temperature and cooling.

After mixing the concrete, the specimens are preserved in plastic to prevent evaporation of water from the concrete, after demolding, the specimens are introduced into the steam curing chamber by solar energy with the rise of the temperature in the chamber, the thermometer was placed outside of the chamber can adjust the temperature level selected at  $45^\circ\text{C}$  in the chamber for the warm period of the year.

(6 months from October to March) and  $29^\circ\text{C}$  for the cold period (6 months from April to September), for durations of steam curing 1, 2, 3 and 7 days hardening in open air without spraying of 3 and 7 days.

## **RESULTS AND DISCUSSIONS**

## Consistency

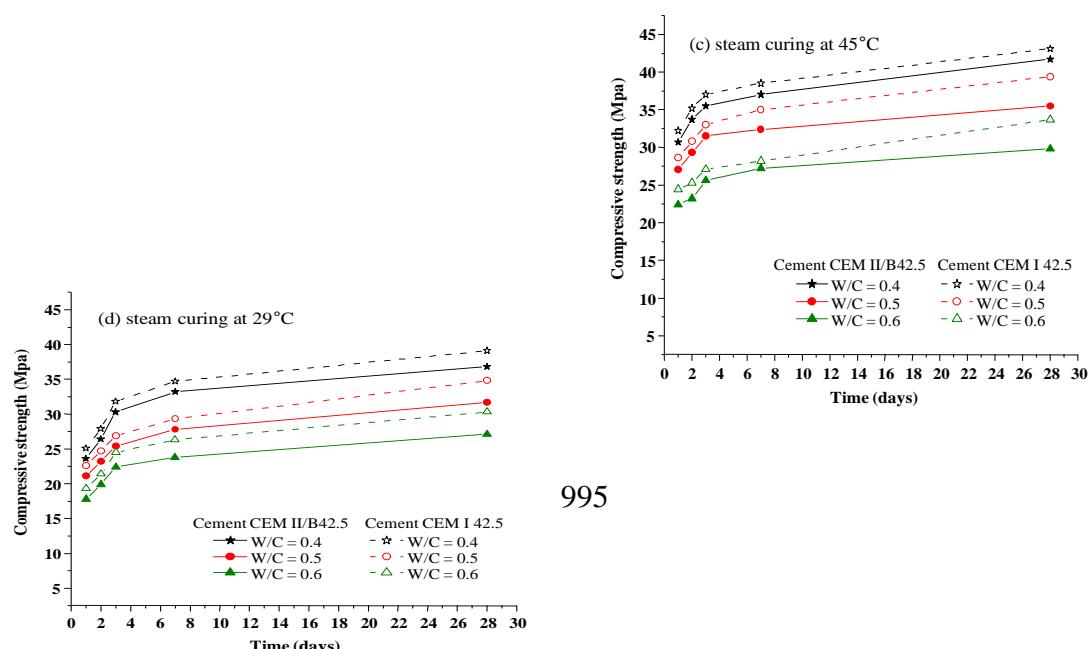
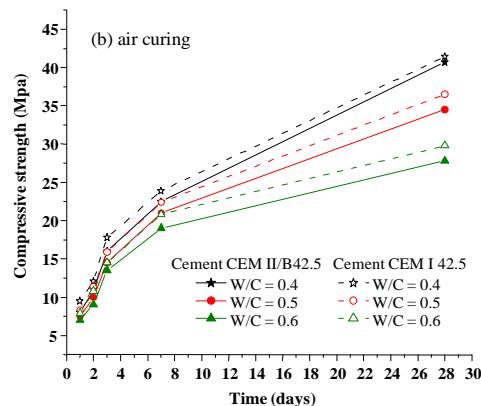
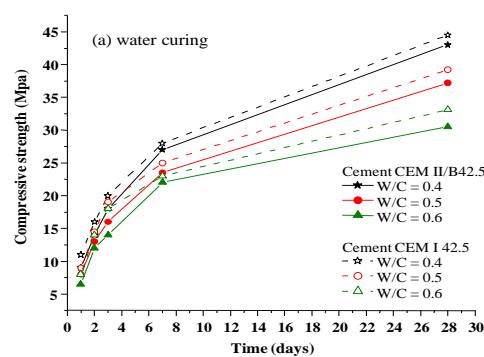
It is important to know the properties of concrete in fresh state before setting and hardening. Among these properties, consistency can be defined as the ease of implementation of concrete.

The slump test to Abrams cone NF P 18-451 is currently in use worldwide. Depending on the slump obtained, class consistency of different concrete is plastic (slump varies from 6 to 8 cm).

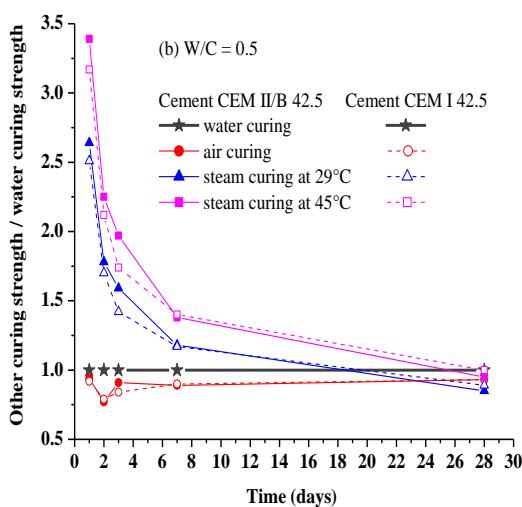
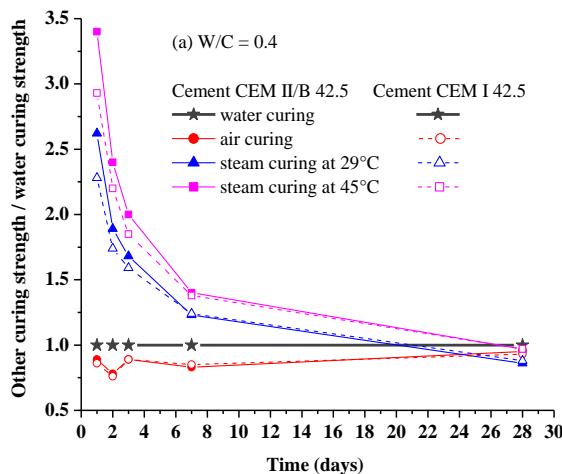
## Compressive and flexural strength

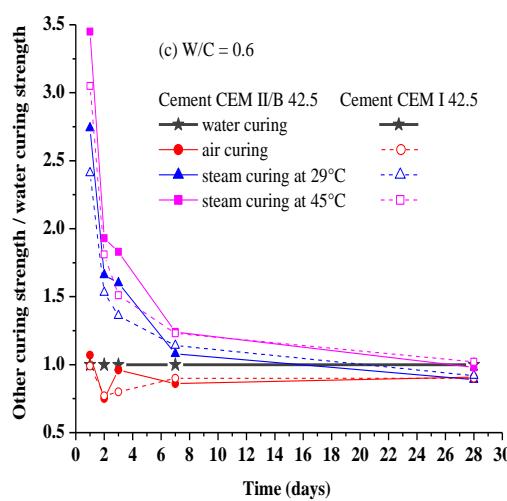
The strengths are estimated at 1, 2, 3 and 7 days of steam curing, 28 days in wet and dry.

The results of compressive and flexural strength of concrete in water, the open air and concretes having undergone a steam curing are given in figure 4 (a, b, c and d), 5 and 6 respectively.

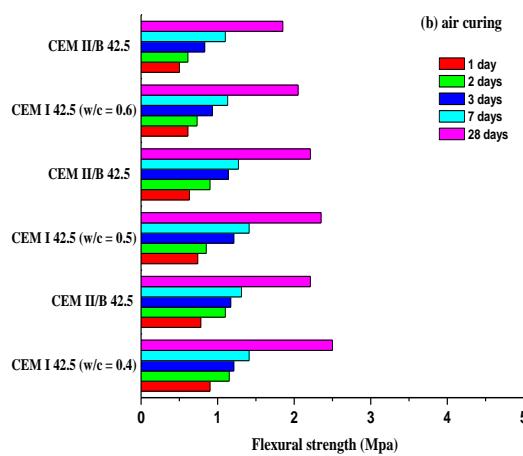
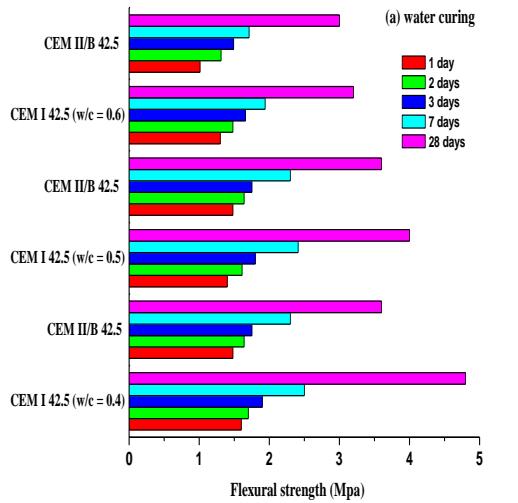


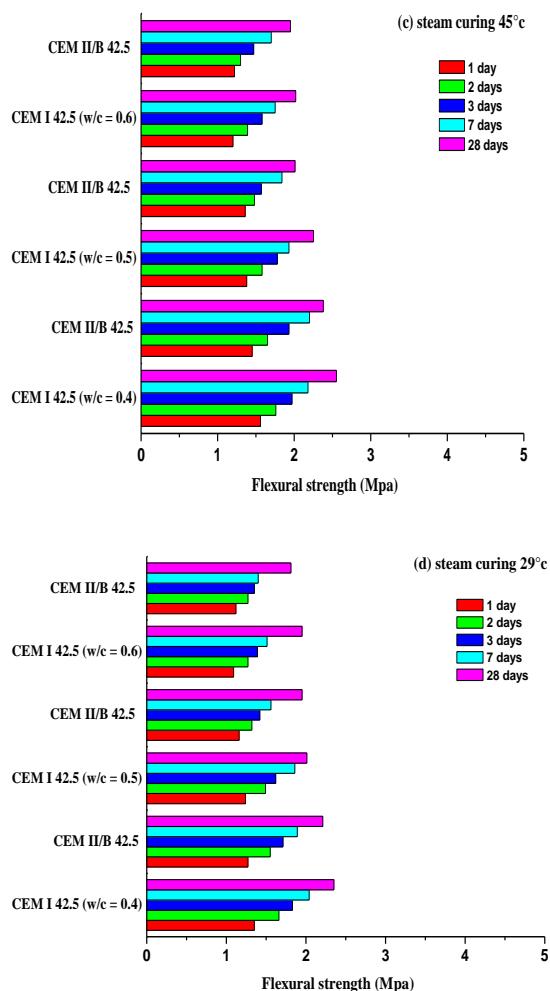
**Figure 4. Effects Of Curing Methods, Cement Type And W/C Ratio On The Compressive Strength Development Of Samples**





**Figure 5. Effects of Curing Methods, Cement Type And W/C Ratio On The Compressive Strength Ratio Of Samples**





**Figure 6. Effects Of Curing Methods, Cement Type And W/C Ratio On The Flexural Strength Development Of Samples**

*Extension of hardening of concrete in the open air*

*One day of steam curing at 45°C and hardening of 3 and 7 days*

The strengths estimated from (1d steam curing and air 3d) and (1d steam curing and air 7d) for steam curing at 45°C are shown in table 4.

**Table 4. Compressive And Flexural Strength Of Concrete (1d Steam Curing At 45°C + Air 3 And 7d)**

Strength (MPa)	1d steam curing + air 3d	(%) harden	1d steam curing + air 7d	(%) harden
Compressive	40	99	43	105
Flexural	1.80	82	2.00	90

*The period (spring - summer) at 45°C, the months of April-September results show that treatment with steam curing in the chamber ensures a rapid increase in compressive strength for: 1, 2, 3 and 7 d of steam curing at 45°C, are: 30.7, 33.7, 35.5 and 37.0 MPa, which are: 75, 83, 87 and 91% of the strength of hardened concrete even under natural conditions to 28 days respectively.*



- Compressive strength of one day steam curing at 45°C (08 h of oven) and in air 3 and 7 d under natural conditions, which are: 40.3 and 43 MPa, are: 99 and 105% of the strength of the hardened concrete even under ambient conditions at 28 days respectively.

- An increase in compressive strength and flexural strength versus time, which ensures demolding of the molds only 3 days in air.

#### ***One day of steam curing at 29°C and hardening of 3 and 7 days***

The strengths estimated after (1d of steam curing and air of 3d) and (1d of steam curing and air 7 d) for steam curing at 29°C are shown in Table 5.

**Table 5. Compressive And Flexural Strength Of Concrete (1d Of Steam Curing At 29°C + Air 3 And 7d)**

Strength (MPa)	1d	steam	1	d	steam
	curing	+ air	(%) harden	curing	+ air
3d			7d		
Compressive	39.30	96.50	41		100
Flexural	1.43	64.70	1.62		73.30

*The period (autumn - winter) at 29°C, for the months of October to March:*

- One day of steam curing at 29°C: 23.6 MPa, which shows: 58% of the strength of hardened concrete even under natural conditions to 28 days.

- One day steam curing concrete at 29°C (08 h of steam curing) and in air 3 d under natural conditions, which presents: 39.3 MPa, or 96.5% of the strength of hardened concrete even under natural conditions to 28 days.

- One day steam curing concrete at 29°C and 7 days of hardening under natural conditions, which presents: 41.0 MPa, 100% of the strength of hardened concrete even under natural conditions to 28 days.

- An increase in compressive and flexural strength as a function of time, which ensures demolding of the molds only in 3 days in air.

#### ***Mass loss in the steam curing chamber at 45°C and 29°C***

The quantification of the wastewater between the demoulding and the sample removal in the stoving chamber was carried out using a balance with a capacity of 10 kg and an accuracy of 0.01 g used for the determination of The mass of the specimens before and after the two cycles of hardening and curing in ambient air.

The results presented in Tables 6 and 7 indicate that the mass losses during stoving at 45 °C and 29 °C. between the demoulding and the test time for different ages of 3 and 7 of curing caused by the creation of very fine cracks By the expansion of the air bubbles in the cement and the evaporation of the water of the capillaries.

**Table 6. Mass Loss In (gr) Of The Cubes And Prisms At 45°C**

Specimens	air 28 d	Steam curing			
		1d	2d	3d	7d
Cubes	35	24	46	68	149
Prisms	110	90	130	185	240

Specimens	1d steam curing + air	1d steam curing +
	3d	air 7d
Cubes	30	45



Prisms	102	120
--------	-----	-----

**Table 7. Mass Loss In (gr) Of The Cubes And Prisms At 29°C**

Specimens	air 28 d	Steam curing			
		1d	2d	3d	7d
Cubes	35	20	40	60	128
Prisms	110	80	120	175	220

Specimens	1d steam curing + air	1d steam curing + air 7d
	3d	
Cubes	27	40
Prisms	93	111

## CONCLUSION

Add conclusions here. Add conclusions here. Add conclusions here. Add conclusions here.  
Add conclusions - The technique of steam curing is an effective technique for portlands cements for accelerated hardening of concrete.

- The demolding is assured after all steam curing at 45 or 29°C, since we met exceeds the minimum strength to compressive which is approximately 10 MPa after one day of steam curing, which ensures high productivity molds.
- We reached the 28 days strength after one day and 3 days of hardening in open air, for 2 types of steam curing, which has a gain of time and shorter manufacturing lead times.
- The plastic concrete works to heat treatment, for a temperature of 45°C in steam with 8 hours of heat treatment with a pre made, the strength reach 75% of the control concrete strength of 28 days of normal hardening, also the fall of mechanical strength at the age of 28 days of a concrete treated compared to concrete o f control is around 10%.
- This hardening technique in Algeria which is rich in solar energy and the use of this renewable energy in the heat treatment of concrete parts in areas with high radiation concentration and long periods, which reduces the cost of Concrete parts, resulting in a remarkable economy for production companies, as well as productivity changes for the concrete industry.

## REFERENCES

- Hanson J.A. (1963). Optimum steam curing procedure in precasting plants. American Concrete Institute. Proc. 1963;60(1):75-100.
- Neville A.M. (1981). Properties of Concrete. Pitman Publishing Limited, London 1981. 544.
- Maltais Y, Marchand J. (1997). Influence of curing temperature on cement hydration and mechanical strength development of fly ash mortars. Cement and Concrete Research 1997;27(7):1009-1020.
- Mindess S, Young J.F. Concrete. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ. 1981.
- Oztekin E. (1984). Determination of heat treatment cycle for cements. Turkish cement manufacturers. Association Cem. Bull. 1984;206(3):24-26.
- ACI 517.2R-87 revised. (1992). Accelerated curing of concrete at atmospheric pressure-state of the art. American Concrete Institute, Farmington Hills Michigan. 1992. 17p.
- Erdem T.K, Turanli L, Erdogan T.Y. (2003). Setting time: An important criterion to determine the length of the delay period before steam curing of concrete. Cement and Concrete Research 2003;33(5):741-745.



Vénuat M. (1989). The practice of cements mortars and concretes. 2nd edition. 1989.  
Volume 1:215-217.



## REVIEW OF HEAT TRANSFER ENHANCEMENT USING CORRUGATED CHANNEL

Nehir TOKGOZ

Department of Energy Systems Engineering, Osmaniye Korkut Ata University Osmaniye,  
Turkey

[nehirtokgoz@osmaniye.edu.tr](mailto:nehirtokgoz@osmaniye.edu.tr)

Rahim HASSANZADEH

Department of Mechanical Engineering, Urmia University of Technology, Urmia, Iran  
[r.hassanzadeh@uut.ac.ir](mailto:r.hassanzadeh@uut.ac.ir)

Onder KASKA

Department of Mechanical Engineering, Osmaniye Korkut Ata University Osmaniye,  
Turkey

[onderkaska@osmaniye.edu.tr](mailto:onderkaska@osmaniye.edu.tr)

Onur Bor

Department of Mechanical Engineering, Osmaniye Korkut Ata University Osmaniye,  
Turkey

[onurbor@osmaniye.edu.tr](mailto:onurbor@osmaniye.edu.tr)

**ABSTRACT:** Heat transfer has a significant role in great number of industrial applications from food industry to chemical industry and from metal industry to transportation. It would be essential to improve the heat transfer efficiency of the exchangers to minimize the space occupied by the device and investment cost. The phenomenon of energy conservation and material savings encourage the development of heat transfer enhancement techniques by minimizing the cost, the weight, and the size of the heat exchanger features. A great number of techniques related to heat transfer efficiency have been developed so far and some of these techniques have been put into use in industrial field. In this regard, heat transfer enhancement techniques can be broadly classified into two categories; passive methods, and active methods. The active methods necessitate power from an external source for heat transfer enhancement, and magnetic fields, cams and plungers to induce pulsation can be seen among the examples of active heat transfer enhancement techniques. The passive heat transfer enhancement methods would be created by only modifying the geometry of the system so as to enhance the convective heat transfer. In order to accomplish this aim, numerous solutions such as rib, groove, helical rib and corrugated wall have been tested. The anticipation from these geometries is to have a certain reaction on the transverse or longitudinal vortices of the mixed combination of flow control elements. Due to their heat transfer capacity to produce self-breaking in suitable thermal conditions, the corrugated surfaces are one of the best thermal control methods for the heat transfer process. In this present study, both numerical and experimental studies for heat exchangers have been summarized to understand the heat transfer enhancement in the literature by using various turbulators (fin, wing, louvered), corrugated and grooved channels.

**Key words:** Heat exchanger, heat transfer enhancement, corrugated channel, grooved channel, turbulators



## TOWARDS A NEW METHOD TO ENHANCE THE CHANNEL HEAT TRANSFER RATE USING A ROTATING THIN STRAIGHT ROD

Rahim HASSANZADEH

2Department of Mechanical Engineering, Urmia University of Technology, Urmia, Iran  
[r.hassanzadeh@uut.ac.ir](mailto:r.hassanzadeh@uut.ac.ir)

Nehir TOKGOZ

Department of Energy Systems Engineering, Osmaniye Korkut Ata University Osmaniye,  
Turkey  
[nehirtokgoz@osmaniye.edu.tr](mailto:nehirtokgoz@osmaniye.edu.tr)

**ABSTRACT:** Development of the unsteady flow between the two parallel plates to enhance the rate of heat exchange using a rotating thin straight rod as a new method is the subject of the present study. The thin rod with circular cross-section is inserted between the plates in cross-stream plane. The ratio of the channel height to the rotating rod diameter is fixed to 3 and computations are performed at different Reynolds number in the range between the 400 and 1000. The non-dimensional rotational speed (R.S) is considered to vary from 0 to 1. Several results in terms of the time-averaged streamline patterns, distribution of the streamwise velocity magnitudes, local and mean Nusselt number, and instantaneous vortex shedding process are presented. It is revealed that at each specific Reynolds number, there is a critical R.S value at which the rate of flow mixing and consequently the heat exchange rate become maximum in comparison to the conventional parallel plate flow. Beyond the critical R.S, the vortex shedding suppresses and hence the rate of the heat transfer diminishes.

**Key words:** Channel flow, heat transfer enhancement, unsteady flow, rotating rod



## ELECTRICAL POWER CALCULATION OF A LOW BYPASS AERODERIVATIVE TURBOFAN ENGINE

Mehmet Emin CILGIN

Faculty of Aeronautics and Astronautics, Anadolu University  
[emincilgin@gmail.com](mailto:emincilgin@gmail.com)

Onder TURAN

Faculty of Aeronautics and Astronautics, Anadolu University  
[onderturan@anadolu.edu.tr](mailto:onderturan@anadolu.edu.tr)

**ABSTRACT:** This paper presents a study of a low bypass turbofan engine's potential capacity of electrical power production. Electrical energy is a high-qualified form of energy. Gas turbines with combined or single cycle are widely used for obtaining electrical power in industrial applications. Aviation-derived aeroderivative gas turbine engines are preferred to industrial gas turbines in relative low energy requirement applications with advantages of being lighter, more compact and smaller. This study aimed to provide a projection for potential use of a turbofan engine as a single cycle aeroderivative engine.

**Key words:** Turbofan, Single cycle, Aeroderivative engine, Electrical power



## ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF *Chrysocamela noeana*

Fatma MATPAN BEKLER

Dicle University

fmatpan@dicle.edu.tr

\*Hevidar ALP

Munzur University

halp@munzur.edu.tr

Numan YILDIRIM

Munzur University

numanyildirim@munzur.edu.tr

Nuran CIKCIKOĞLU YILDIRIM

Munzur University

nurancyildirim@gmail.com

Mehmet Yavuz PAKSOY

Munzur University

mypaksoy@gmail.com

Hilal SURMUS ASAN

Dicle University

hilalsuran@gmail.com

**ABSTRACT:** The antibacterial potential of methanol, ethanol, hexane and aqueous extracts of *Chrysocamela noeana* was screened against *Escherichia coli* ATCC 25922, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 4352, *Staphylococcus aureus* ATCC 29213 and *Enterobacter* sp. by using disc diffusion method assay. It was found that the plant extracts used in the study have different effects on the development of tested microorganisms. In this study, the ethanol and hexane extracts of *Chrysocamela noeana* were determined to have the highest antibacterial activity against *Enterobacter* sp. and *K. pneumoniae*, whereas the aqueous extract from the plant was showed the lowest antibacterial activity against these microorganisms. The methanol extract of *Chrysocamela noeana* was showed the best antibacterial effects against *E. coli*. Moreover the highest activity against *S. aureus* was found in methanol and ethanol extracts. However, aqueous extract was not observed antibacterial activities against *E. coli* and *S. aureus*.

**Key words:** *Chrysocamela noeana*, antibacterial activity, disc diffusion method



## EVALUATION OF ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF DIFFERENT EXTRACTS FROM *Chrysocamela velutina* AGAINST SOME HUMAN PATHOGENIC BACTERIA

\*Hevidar ALP

Munzur University  
halp@munzur.edu.tr

Fatma MATPAN BEKLER

Dicle University  
fmatpan@dicle.edu.tr

Numan YILDIRIM

Munzur University  
numanyildirim@munzur.edu.tr

Nuran CIKCIKOĞLU YILDIRIM

Munzur University  
nurancyildirim@gmail.com

Mehmet Yavuz PAKSOY

Munzur University  
mypaksoy@gmail.com

Hilal SURMUŞ ASAN

Dicle University  
hilalsuran@gmail.com

**ABSTRACT:** In the present study, antibacterial activity of *Chrysocamela velutina* against *Escherichia coli* ATCC 25922, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 4352, *Staphylococcus aureus* ATCC 29213 and *Enterobacter* sp. were investigated by using methanol, ethanol, hexane and aqueous extracts with disc diffusion method. It was detected that the plant extracts used in the study have different effects on the development of tested microorganisms. The methanol and ethanol extracts were showed the best antibacterial effects against all microorganisms. Besides the aqueous extract from *Chrysocamela velutina* was showed the lowest antibacterial activity against *S. aureus*. However, aqueous extract was not observed antibacterial activities against *E. coli*, *Enterobacter* sp. and *K. pneumoniae*. In this part of the study, it was discovered that the antimicrobial activity varies according to the species of used testing microorganisms and extracts.

**Key words:** *Chrysocamela velutina*, antibacterial activity, disc diffusion method



## PV MODULED TRAINING SET DESIGN FOR ENGINEERING

Merve ŞEN KURT  
Amasya University  
merve.sen@amasya.edu.tr

Mehmet Ekici  
Amasya University  
mehmet.ekici@mail.edu.tr

Ünal KURT  
Amasya University  
unal.kurt@mail.edu.tr

**ABSTRACT:** Associated with the ever-growing population and energy demand of our world , it seems obvious that conventional energy resources will be dissolve before expected. This situation is one of the main and maybe most important reason of the increasing focus on researches and developments about renewable energy systems. Like most of the engineering exercises, lessons of the renewable energy systems should be supported along with the application. With this perspective there are many training set designs for observing the PV panels' operating principles.

In this study, to moving out PV panel lessons to application level, we build a training set design of PV module in the experimental laboratory of Amasya University, Technology Faculty, Electrical and Electronic Engineering Department. We made all the tests of open circuit voltage and short circuit current measuring, extracting the I-V characteristic of PV panel on load and noload states, MPPT (maximum power point tracking). Also we examine the output voltage changes with the sun ray movements and season changes, of the PV panel. Designed system includes both hardware and software interfaces. Voltage and current value data are filed in to computer enviroment via DOC card with using Labview graphical programming language for make it easy to follow. This study establishes the background of our ongoing e-Lab project about increasing power production for renewable energy systems.

**Key words:** PV panel, renewable energy system, training set.

## MÜHENDİSLİK EĞİTİMİ İÇİN PV MODÜLLÜ EĞİTİM SETİ TASARIMI

**ÖZET:** Dünyamızın durmaksızın büyüyen nüfus ve enerji talebi ile paralel olarak geleneksel enerji kaynaklarının beklenenden önce tüketeceği açıkça ortaya çıkmıştır. Bu durum yenilenebilir enerji sistemleri araştırma ve geliştirmelerine olan yönelimin nedenlerin biri ve belki de en önemlidisidir. Mühendislik ile ilgili olan tüm çalışmalar gibi yenilenebilir enerji sistemleri eğitimleri derslerle birlikte yürüyen uygulamalarla desteklenmelidir. Bu nedenle PV panellerinin çalışma prensiplerini gözlemlemek amacı ile yapılmış birçok eğitim seti bulunmaktadır.



Bu çalışmada, PV panel derslerini uygulama seviyesine taşımak amacıyla Amasya Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümünü laboratuvarında PV modüllü eğitim seti tasarladık. Açık devre gerilimi ve kısa devre akımlarının ölçümü, yüklü ve yüksüz durumda PV panelinin I-V karakteristiklerinin çıkarımı ve MPPT (maksimum güç noktası takibi) testlerinin tümünü gerçekleştirdik. Ayrıca PV panelin güneş ışığı hareketleri ve mevsim değişiklikleri ile değişen çıkış gerilimini inceledik. Tasarlanan sistem, donanımsal ve yazılımsal arayüzlerinin her ikisini de içermektedir. Takip kolaylığı sağlamak amacıyla PV panelinin gerilim ve akım değerleri DOC kartı üzerinden Labview grafiksel programlama dili kullanılarak bilgisayara işlenmiştir. Bu çalışma yenilebilir enerji sistemlerindeki elektrik enerjisi üretiminin artırmasına yönelik sürdürmektedir. Bu çalışma yenilebilir enerji sistemlerindeki elektrik enerjisi üretiminin artırmasına yönelik sürdürmektedir. Bu çalışma yenilebilir enerji sistemlerindeki elektrik enerjisi üretiminin artırmasına yönelik sürdürmektedir.

**Anahtar sözcükler:** PV panel, yenilenebilir enerji sistem, eğitim seti.



## THE COD REMOVAL FROM SYNTHETIC MALATHION SOLUTIONS BY *ARMILLARIA TABESCENS* UNDER SUBMERGED CULTURE CONDITIONS

Gokhan Onder ERGUVEN

Munzur University Faculty of Engineering Department of Environmental Engineering  
[gokhanondererguven@gmail.com](mailto:gokhanondererguven@gmail.com)

Numan YILDIRIM

Munzur University Faculty of Engineering Department of Environmental Engineering  
[numanyildirim44@gmail.com](mailto:numanyildirim44@gmail.com)

Elanur ADAR

Yıldız Technical University Faculty of Civil Engineering Department of Environmental  
Engineering  
[cm.elanur@gmail.com](mailto:cm.elanur@gmail.com)

**ABSTRACT:** The abusive use of insecticides for pest control has been widely used in agriculture. However, the indiscriminate use of pesticides has inflicted serious harm and problems to humans as well as to the biodiversity. This study aims at evaluating the capacity of *Armillaria tabescens* to degrade the different concentration of malathion insecticide (50, 100 and 150 mgL<sup>-1</sup>) under agitated (130 rpm) submerged culture conditions with reduction of chemical oxygen demand (COD) at 27 °C after 8 and 15 days. According to our results the fungus have achieved 15.49±0.82, 10.12±0.52 and 23.20±1.88 % COD reduction at concentration of 50, 100 and 150 mgL<sup>-1</sup> respectively the end of the 8 days. The fungus have achieved 52.39±2.13, 27.24±1.37 and 38.30±4.01 % COD reduction at concentration of 50, 100 and 150 mgL<sup>-1</sup> respectively the end of the 15 days. The dried biomass of *A. tabescens* was weighted at end of the 15 days and we have revealed that malathion in medium reduced the biomass production compared the control group (Sabouraud dextrose broth + *A.t*). Our results showed that, *Armillaria tabescens* could be an effective bioremediation tool for treatment of malathion containing wastewater.

**Key words:** COD reduction, *Armillaria tabescens*, Malathion, Dried biomass



## POLYETHYLENE TEREFTHALATE (PET) POLYMER WASTE RECOVERY, POLYESTER FIBER PRODUCTION AND ENERGY CONSERVATION

Huseyin ZENGİN

Department of Chemistry, Faculty of Science and Literature, Gaziantep University,  
Gaziantep, 27310, Turkey  
hzengin@gantep.edu.tr

Amine CICEK

Department of Chemistry, Faculty of Science and Literature, Gaziantep University,  
Gaziantep, 27310, Turkey/  
Gama Recycle Elyaf ve İplik Sanayi A.Ş., 2. Organize Sanayi Bölgesi, 83221 Nolu Cad.  
No: 2, Gaziantep, 27600, Turkey  
aminecicekk@gmail.com

Gulay ZENGİN

Department of Chemistry, Faculty of Science and Literature, Gaziantep University,  
Gaziantep, 27310, Turkey  
gzengin@gantep.edu.tr

**ABSTRACT:** Industrialization and technological developments lead to inevitable reductions of natural resources, and ultimately environmental pollution problems. Thus, waste management by means of plastic waste material recycling, holds an important place in the world today. The base substance of PET bottles is known to be polyethylene terephthalate (PET), and can make up to at least 30% of the plastic packaging. Improvements in terms of the reductions of PET content in plastic packaging, and applications as alternate forms, such as composites of much lower PET content (Kim, et al., 2010), can prove to be beneficial for the environment. PET is an attractive waste material for recycling purposes due to its low density, versatility, mechanical strength and remarkable heat and chemical resistance (Caldicott, 1999), and thus is a valuable plastic for the manufacture of recycled containers and packaging materials. Further, the recycling of PET materials can allow for energy conservation and cost effective financial gains. The cycling of reused materials allows for energy saving processes, as the subsequent reuse of recycled material, not only spares natural resources, but also the re-processing procedures are achieved at lower costs (Daver and Demirel, 2012; Shen, et al., 2011).

The goal of this work was to produce PET fibers by the melt spinning process. The physical properties of the produced fibers will be presented and investigations of energy conservations of the PET will be discussed. Various tests, such as, mechanical strength, percentage elongation, and humidity measurements of the produced fiber samples will be carried out.

**Key words:** waste polymer, fiber production, recycled PET fiber, energy conservation

## REFERENCES



- Caldicott R. J. (1999). The basics of stretch blow molding PET containers. *Plastics Engineering*, 35, 35-38.
- Daver, F., & Demirel, B. (2012). An energy saving approach in the manufacture of carbonated soft drink bottles. *Evolving Energy-IEF International Energy Congress 2012, Procedia Engineering*, 49, 280-286.
- Kim, S. B., Yi, N. H., Kim, H. Y., Kim, J. H. J., & Song, Y. C. (2010). Material and structural performance evaluation of recycled PET fiber reinforced concrete. *Cement and Concrete Composites*, 32, 232-240.
- Shen, L., Nieuwlaar, E., Worrell E., & Patel, M. K. (2011). Life cycle energy and GHG emissions of PET recycling: change-oriented effects. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 16, 522-536.



## **PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF CONDUCTIVE POLYANILINE/POLYACRYLIC ACID (PANI/PAA) COPOLYMER MATERIALS FOR SOLAR ENERGY PRODUCTION**

Huseyin ZENGİN

Department of Chemistry, Faculty of Science and Literature, Gaziantep University,  
Gaziantep, 27310, Turkey

hzengin@gantep.edu.tr

Orhan KANAT

Department of Chemistry, Faculty of Science and Literature, Gaziantep University,  
Gaziantep, 27310, Turkey

kanatorhan@gmail.com

Gulay ZENGİN

Department of Chemistry, Faculty of Science and Literature, Gaziantep University,  
Gaziantep, 27310, Turkey

gzengin@gantep.edu.tr

**ABSTRACT:** Acrylics constitute the raw materials of molded construction materials, optical materials, fine polishing material for jewelry, adhesives, coating materials and woven fibers. Polyacrylic acid (PAA) is an extremely useful polymer of valuable hygienic qualities, thus finding abundant usage as cleansing agents in the pharmaceutical and personal hygiene industry (Keshwani, et al., 2015). Further, PAA is very convenient for the manufacture of laboratory work stations, drug stores and food storage units (Langer and Peppas, 2003, Peppas, et al., 2006). Copolymers obtained with high acrylic acid content may also be used for hygienic unit industries. Polyaniline (PANI), due to its conjugated structures has electrical conductivity, and thus holds a special place among conducting polymers. Moreover, PANI, known as being an organic metal, has been used in semiconductor technologies (Saçak, et al., 1993). PANI and other conductive polymers may be applied to various areas as a result of their electrochemical properties, particularly, in the manufacture of sensor, rechargeable batteries, photochemical cells, pH sensors, and ion-selective electrode instrumentations (Roth and Graupner, 1993). The conversion of solar energy into electrical energy by way of simple and low cost photoelectrochemical cells has been an attractive topic of study in recent years (Yalçınkaya and Çolak, 2012). The development of science and technology seeks to apply polymers to many areas. Polymers/copolymers have attractive characteristics and include their semi-rigid structures, ease of malleability, non-toxic nature, good resistance to chemicals and visible light and economical value. In this work, polyaniline/polyacrylic acid (PANI/PAA) copolymer materials were prepared, and subsequently characterized and evaluated for potential solar energy production. Copolymerizations of PAA with PANI were conducted in order to form ladder copolymers between PAA and PANI. Thin films were produced from the synthesized PANI/PAA copolymer materials by the drop-by-drop and spin-coating methods, and the resulting electrical conductivity, heat and light effects, chemical and physical properties were investigated. Doping effects of PAA and its PANI copolymer was examined using FT-IR and UV-Vis spectroscopy. Electrical conductivities of films were measured using standard four-point probe technique and morphological structures were



analyzed by SEM. Hence new PANI/PAA ladder copolymer materials was prepared and evaluated for potential solar energy production.

**Key words:** polyaniline, polyacrylic acid, ladder copolymer, solar energy, thin film production

## REFERENCES

- Keshwani, A., Malhotra, B., & Kharkwal, H. (2015). Natural polymer based detergents for stain removal. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 4(4), 490-508.
- Langer, R., & Peppas, N. A. (2003). Advances in biomaterials, drug delivery, and bionanotechnology. *American Institute of Chemical Engineers Journal*, 49(12), 2990-3006.
- Peppas, N. A., Hilt, J. Z., Khademhosseini, A., & Langer, R. (2006). Hydrogels in biology and medicine: from molecular principles to bionanotechnology. *Advanced Materials-Deerfield Beach Then Weinheim*, 18(11), 1345-1360.
- Saçak, M., Baştug, N., & Talu, M. (1993). Azobisisobutyronitrile-initiated graft copolymerization of methyl methacrylate onto poly(ethylene terephthalate) fibers. *Journal of Applied Polymer Science*, 50(7), 1123-1129.
- Roth, S., & Graupner, W. (1993). Conductive polymers: evaluation of industrial applications. *Synthetic Metals*, 57(1), 3623-3626.
- Yalçınkaya, S., & Çolak, N. (2012). Synthesis and characterization of poly(aniline-co-o-aminoaniline). *Designed Monomers and Polymers*, 15(2), 147-157.



## OVERVIEW OF WIND TURBINE TECHNOLOGY AND DEVELOPMENTS IN TURKEY

Yusuf Alper KAPLAN  
Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi  
alperkaplan@osmaniye.edu.tr

Hasan Basri BILDİRÇİN  
Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi  
hbbildircin@yahoo.com

**ABSTRACT:** In this study, wind energy potential of Turkey and the usage rates of these potentials were examined by regions. In addition, the wind power installed in Turkey is compared with global values. Turkey's wind energy targets and the realization of these targets have been evaluated. Information was given about technical specifications of wind turbines using in the Turkey and worldwide and reasons of preferring each technology, its advantages and disadvantages. Wind turbines engaged in the Turkey were compared with worldwide and especially in the countries have developed wind energy sector and today's wind turbine technologies were investigated. A general classification of wind turbines has been made, components were briefly mentioned that composed it and generators that most significant equipment for generating electricity were investigated. Explanatory information is provided for technical and characteristic features of doubly fed asynchronous generator and permanent magnet synchronous generator which are the mostly used generators in today's wind turbines. These two generators are compared to each other and advantageous aspects have been revealed. In the last part, findings were evaluated and some suggestions were made.

**Key words:** Wind energy in Turkey, Wind turbine, Permanent magnet synchronous generator, Doubly fed asynchronous generator

## RÜZGAR TÜRBİN TEKNOLOJİLERİNE GENEL BAKIŞ VE TÜRKİYE'DEKİ GELİŞMELER

**ÖZET:** Bu çalışmada Türkiye'nin rüzgar enerjisi potansiyeli ve bu potansiyelin kullanım oranları bölgelere göre incelenmiştir. Ayrıca Türkiye'de kurulumu yapılan rüzgar gücünün küresel değerlerle kıyaslaması yapılmıştır. Türkiye'nin rüzgar enerjisi hedefleri ve bu hedeflerin gerçekleşme durumu değerlendirilmiştir. Türkiye ve Dünyada kullanılan rüzgar turbinlerinin teknik özellikleri ve her teknolojinin tercih edilme nedenleri, avantajları ve dezavantajları hakkında bilgi verilmiştir. Türkiye'de devreye alınan rüzgar turbinlerinin dünya genelinde ve özellikle rüzgar enerji sektörü gelişmiş ülkelerde kurulan turbinlerle karşılaştırması yapılmış ve günümüz rüzgar turbin teknolojileri incelenmiştir. Rüzgar turbinlerinin genel bir sınıflandırması yapılmış, onu oluşturan bileşenlere kısaca degefnilmiş ve elektrik üretimi için en önemli ekipman olan jeneratörler incelenmiştir. Günümüz rüzgar turbinlerinde en çok kullanılan jeneratörler olan çift beslemeli asenkron jeneratör ile sabit mıknatılı senkron jeneratörün teknik ve karakteristik özellikleri hakkında açıklayıcı bilgilere yer verilmiştir. Bu iki jeneratör birbirile karşılaştırılmış ve avantajlı özellikleri



ortaya konmuştur. Son bölümde ise bulgular değerlendirilmiş ve bazı önerilerde bulunulmuştur.

**Anahtar sözcükler:** Türkiye'de Rüzgar enerjisi, Rüzgar türbini, Sabit mıknatıslı senkron jeneratör, Çift beslemeli asenkron jeneratör

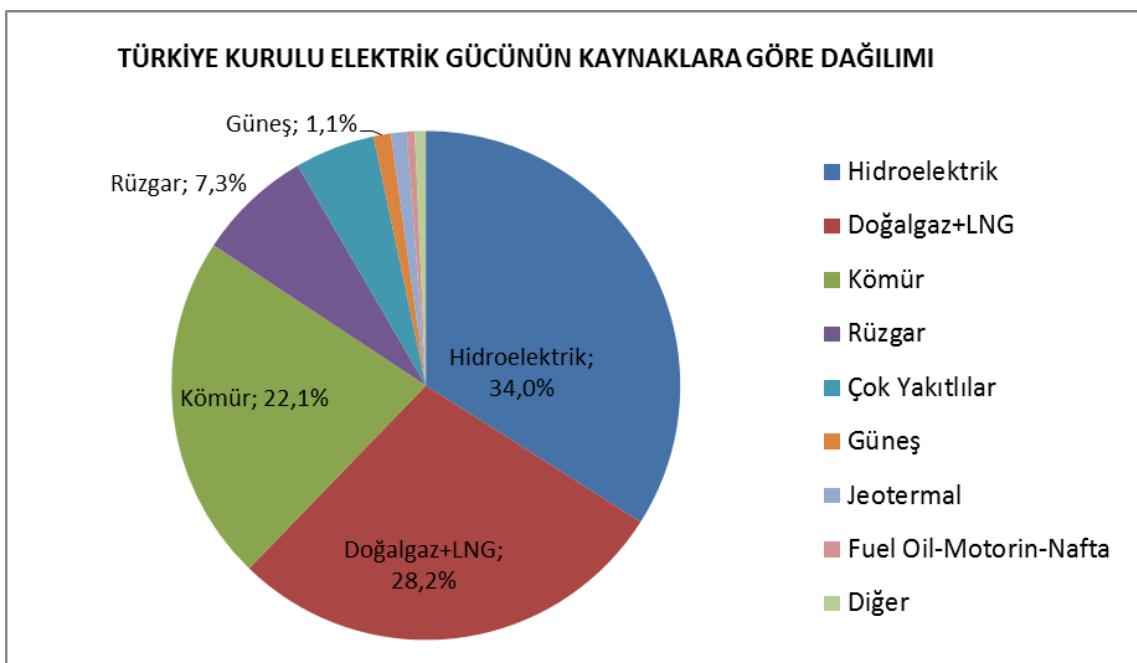
## GİRİŞ

Bölüm Ülkemizin yenilenebilir enerji brüt potansiyeline baktığımızda yaklaşık 400TWh/yıl kapasite ile rüzgar enerjisi güneş ve hidrolikten sonra gelmektedir.[13] Rüzgar enerjisi Ülkemizin en önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Türkiye'de rüzgar enerjisinin daha etkin kullanımını sağlamak için rüzgardan enerji üretim sistemlerinin yaygınlaşması ve yeni teknolojilere sahip daha verimli rüzgar türbinlerinin kurulması kaçınılmazdır. Türkiye'nin rüzgar enerjisi potansiyelinin bölgesel dağılımı, bölgesel ve genel olarak kullanım oranları ve rüzgar enerjisinde izlenen politikalar araştırmaya değer konulardır. Bunun yanında yeni rüzgar sahalarının keşfedilmesi, bu sahaların teknik analiz yöntemleriyle kapasitelerinin hesaplanması ve nihayetinde kullanıma açılması oldukça önemlidir.

Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin artırılması için 2023 yılı hedefleri; Hidrolik: 34 GW, Rüzgar: 20 GW, Jeotermal: 1GW, Güneş: 5 GW ve Biyokütle: 1 GW olarak belirlenmiştir. Böylece elektrik üretimindeki yenilenebilir enerji payının 2023 itibariyle %30'a çıkarılması, doğalgazın %30A düşürülmesi, kömürün %30 ve nükleer enerjinin de %10 da sabitlenmesi beklenmektedir[2].

TEİAŞ 2016 Aralık verilerine göre Türkiye'nin elektrik enerjisi kurulu gücü önceki yıla göre %7,3 artarak 78,497 GW olmuştur. 2016 yılında 1.387,7 MW rüzgar, 934 MW doğalgaz ve LNG, 833 MW kömür, 813 MW hidrolik, 570 MW güneş ve 197 MW jeotermal enerji santrali devreye alınmıştır. Bu değerlere göre kurulu güç içindeki rüzgar enerjisi oranı yaklaşık %7,5 olmuştur. Yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam kapasite içindeki payı ise önceki yıla göre %9 artarak 34 GW değerini geçmiştir.

Şekil.1'de 2016 sonu itibariyle elektrik kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı görülmektedir.



**Şekil.1 Türkiye Elektrik Kurulu Gücünün Kaynaklara Göre Dağılımı**

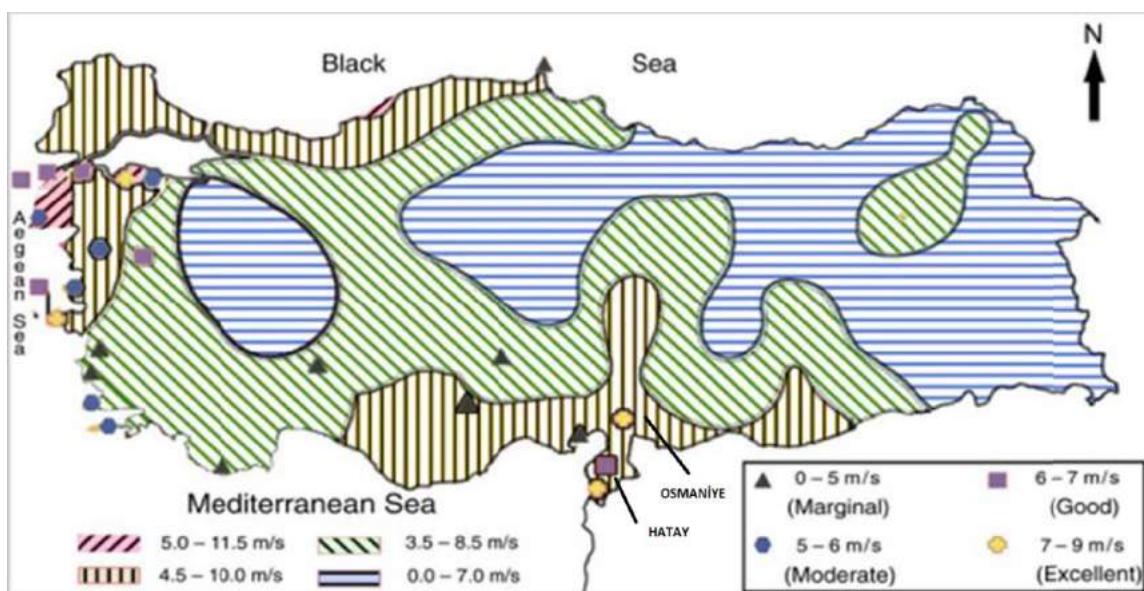
Türkiye'nin enerji politikası genel olarak birçok platformda tartışılmıştır. Bu değerlendirmeler sonucunda bazı yetersizlikler tespit edilmiştir. Ayrıca Türkiye'nin politik yapısı iyi kurulmamış ve enerji politikaları da yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı için uygun destekleme mekanizmasının eksikliği gibi bazı zayıflıklara sahiptir. Güncel yenilenebilir enerji politikaları sonucunda Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı son yıllarda yavaş bir şekilde artmaktadır. Teknolojik gelişmelerin yenilenebilir enerji kapasitesinin gelişmesini tetikleyen ana etken olması beklenmektedir[3].

Görülüyorki; tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de rüzgar enerjisi kapasitesinin arttırılması gereklidir. Şekil.2 de görüleceği üzere teknik olarak enerji potansiyeli bakımından verimli ve yapı bakımından kullanılabilir alanlarımızın sınırlı olması sektörde kullanılacak olan enerji üretim sistemlerinin verimliliğini daha da önemli duruma getirmektedir. Rüzgar enerjisinde üretim maliyetlerinin düşürülmesi ve rüzgarın toplam enerji üretimindeki payının artırılabilmesi için de daha verimli sistemler kurulması zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Rüzgar turbin teknolojilerindeki gelişmeler genel olarak fiziksel dayanıklılık ve işletme kalitesinden ödün vermeden üretim kapasitesinin artırılması yönündedir. Bu amaçla rüzgar turbinlerinde farklı jeneratör tipleri çeşitli mekanik ve elektronik sistemlerle desteklenerek kullanılmakta ve böylece en verimli kombinasyonlar elde edilmeye çalışılmaktadır.

## **YÖNTEM**

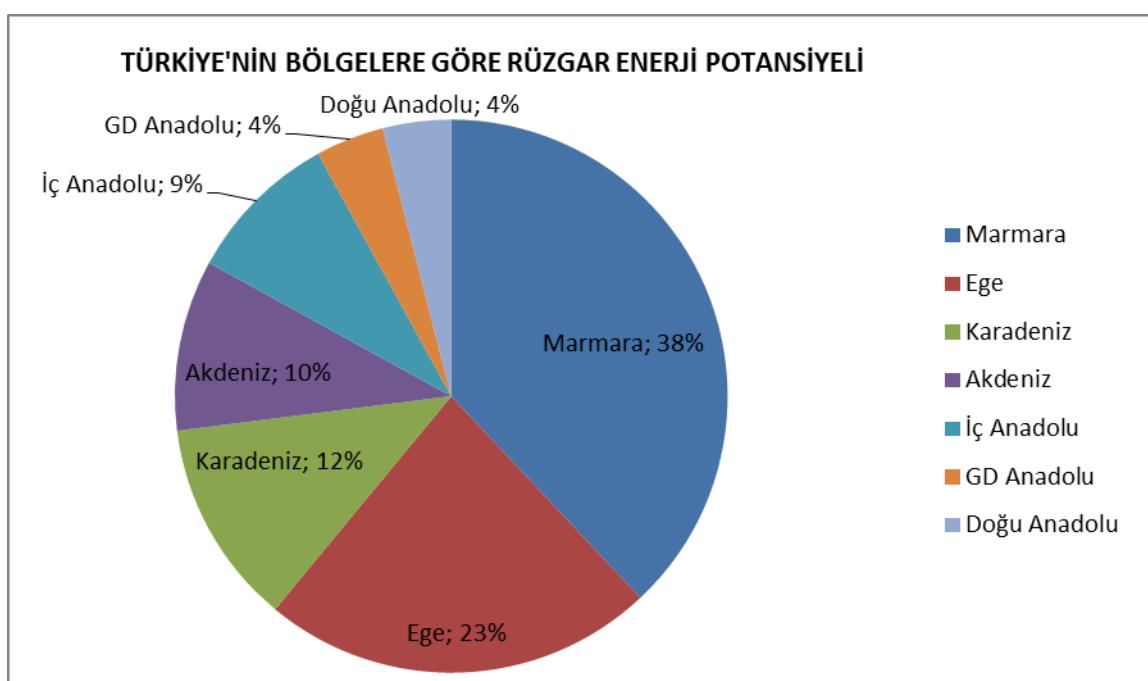
### **Türkiye'nin Rüzgar Enerji Potansiyeli ve Bölgelere Göre Dağılımı**

Türkiye coğrafik özelliklerinden dolayı zengin bir rüzgar enerji potansiyeline sahiptir. Şekil.1'de Türkiye'nin yerden 50 metre yüksekte ölçülen rüzgar enerji potansiyeli görülmektedir. Rüzgar Enerji Potansiyel Haritasına göre Türkiye 48 GW ekonomik rüzgar gücü yatırım kapasitesine sahiptir. [7]



**Şekil.2 Türkiye'nin Teknik Rüzgar Enerji Potansiyeli**

Türkiye'nin rüzgar enerji potansiyelinin özellikle Marmara, Ege ve Karadeniz bölgelerinde yoğunlaşmış olduğu Şekil.3'de açıkça görülmektedir [4]. Akdeniz bölgesinde de %10 gibi bir potansiyel bulunmaktadır ve deniz kıyısı olan bu dört bölge toplam kapasitenin %80'den fazmasını oluşturmaktadır.



**Şekil.3 Türkiye'nin Bölgelere Göre Teknik Enerji Potansiyeli**

*Türkiye'nin Offshore Rüzgar Potansiyeli ve Kullanım Durumu*

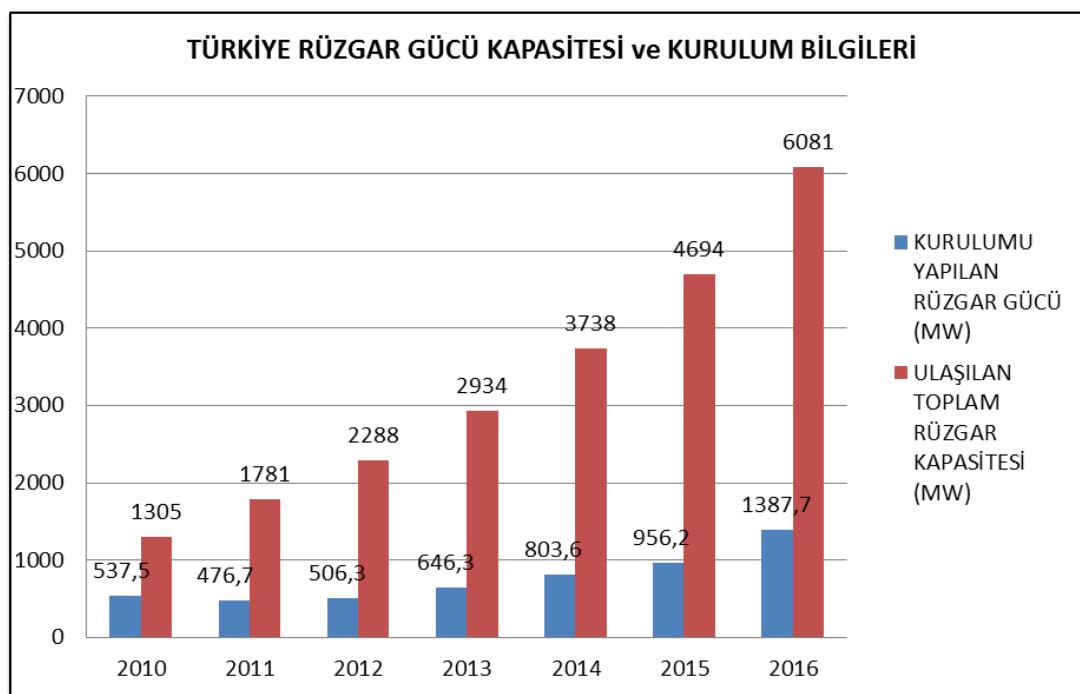
Türkiye 3500km sahil şeridine sahiptir ve üç tarafı denizlerle çevrilidir. Özellikle Marmara ve Ege sahillerinde rüzgar potansiyeli çok düzenli ve sürekli dir. Ancak Türkiye'de offshore olarak rüzgar güç üretimi yoktur. Türkiye'nin rüzgar enerjisi alanındaki gelişim çabaları uluslararası alanda takdir edilmekte ve Türkiye'nin gelişen sektör liderleri Güney Afrika, Hindistan, Brezilya ve Meksika ile birlikte onlardan biri olacağı düşünülmektedir. Son üç yılın verilerine göre rüzgar enerjisindeki ortalama yıllık gelişme oranının yaklaşık yüzde 30 olduğu söylenebilir. 2023 için 20 GW hedefinin ulaşılabilir bir hedef olduğu görülmektedir[5].

Şekil.2 incelendiğinde Türkiye'nin offshore rüzgar potansiyelinin Çanakkale, Bandırma ve Samandağ kıyılarında en güçlü şekilde yoğunlaştığı görülmektedir. Doğu Karadeniz dışındaki tüm sahillerimizde değerlendirilebilir bir offshore potansiyeli olduğu anlaşılmaktadır.

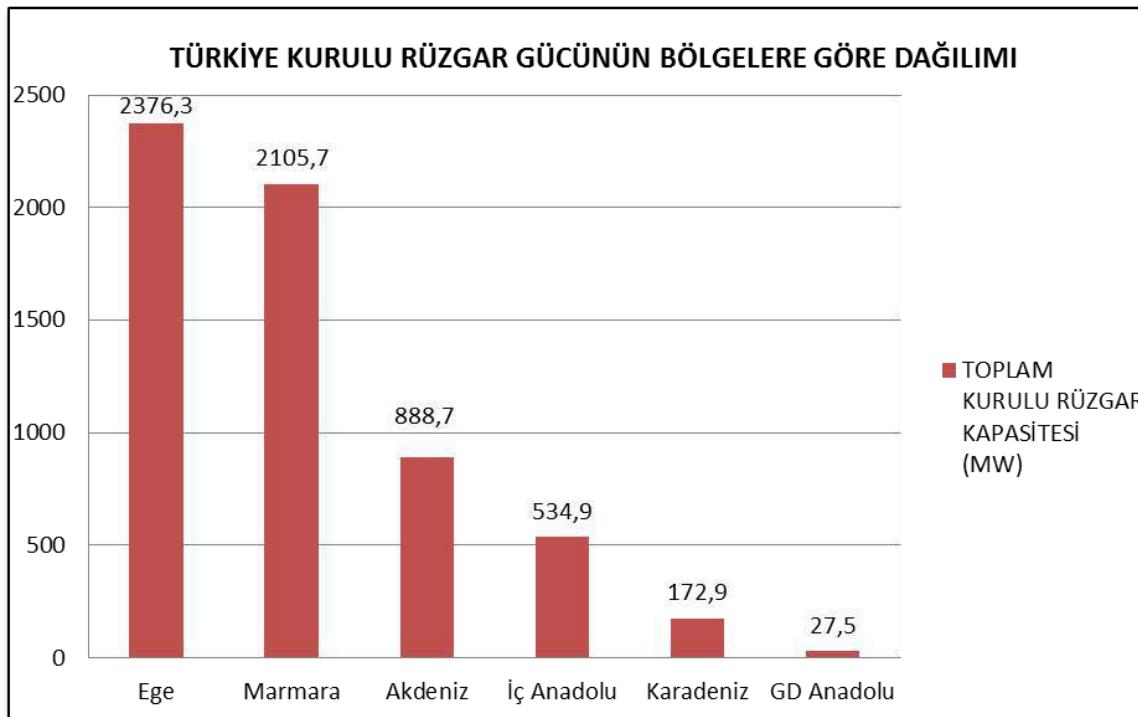
#### Türkiye'de Rüzgar Enerjisinin Kullanım Durumu

##### *Türkiye'de Kurulu Rüzgar Enerji Santrali (RES) Toplam Gücü ve Bölgelere Göre Dağılımı*

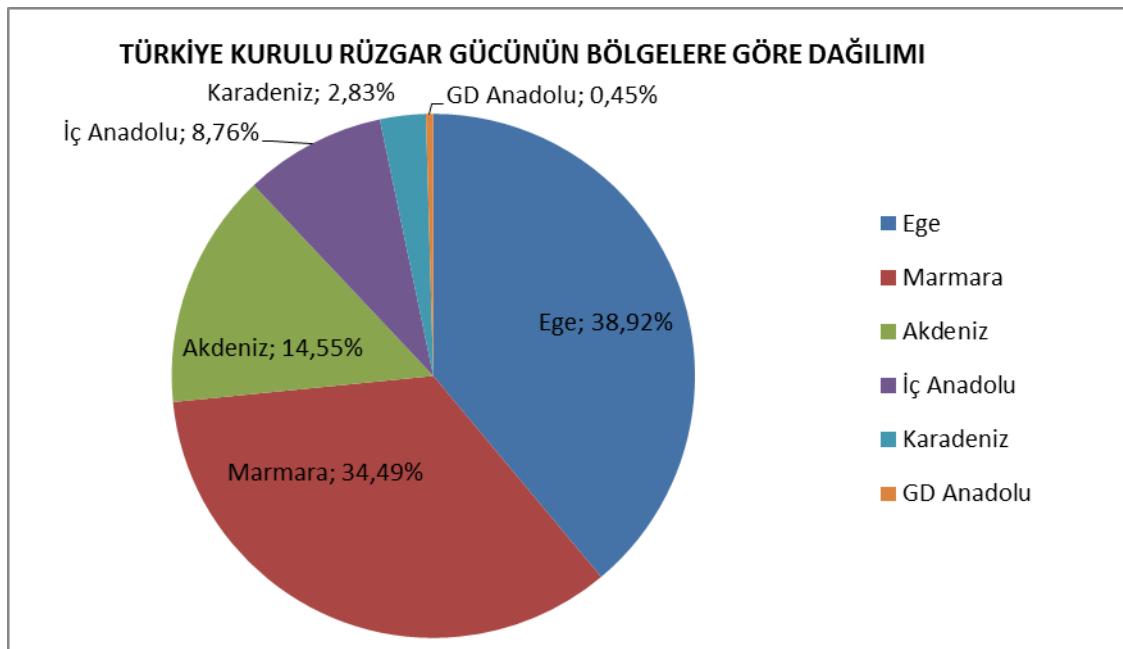
Türkiye'nin kurulu rüzgar gücü kapasitesi Şekil.4'te görülmektedir.[1] Şekil.4 'e göre Türkiye'nin toplam kurulu kapasitesi 2011 ile 2015 arasında her yıl %25 üzerinde bir artış göstermiş olmakla beraber 2016 yılında da 1387MW kurulum yapılarak %29 civarında bir değer kaydedilmiştir.



Şekil.4 Türkiye'nin Kurulu Rüzgar Gücü Kapasitesi



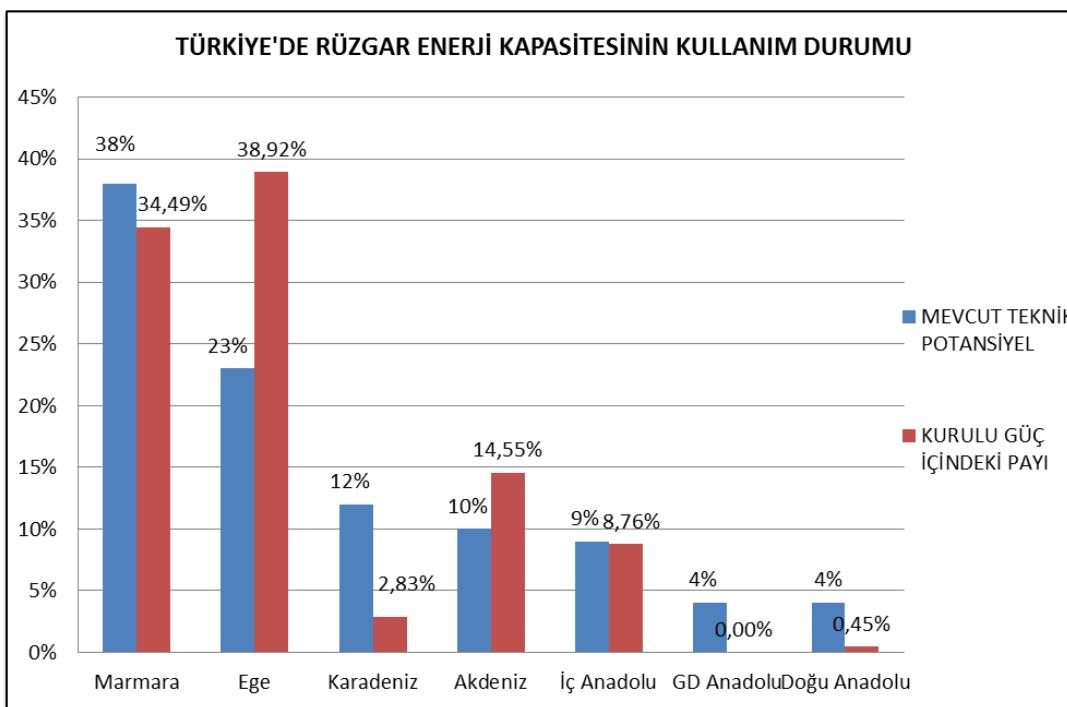
Şekil.5-a Türkiye'nin Kurulu Rüzgar GÜCÜNÜN BÖLGELERE GÖRE DAĞILIMI [1]



Şekil.5-b Türkiye'nin Kurulu Rüzgar GÜCÜNÜN BÖLGELERE GÖRE YÜZDESEL DAĞILIMI

#### *Türkiye'de Rüzgar Enerjisinin Bölgelere Göre Değerlendirilme Oranları*

Mevcut rüzgar enerji kapasitesinin kullanım durumunu değerlendirmek için Şekil.3 ve Şekil.5-b grafiklerinin birleştirilerek incelenmesi yeterli olacaktır. Bu durumda oluşan grafik Şekil.6'da verilmiştir.

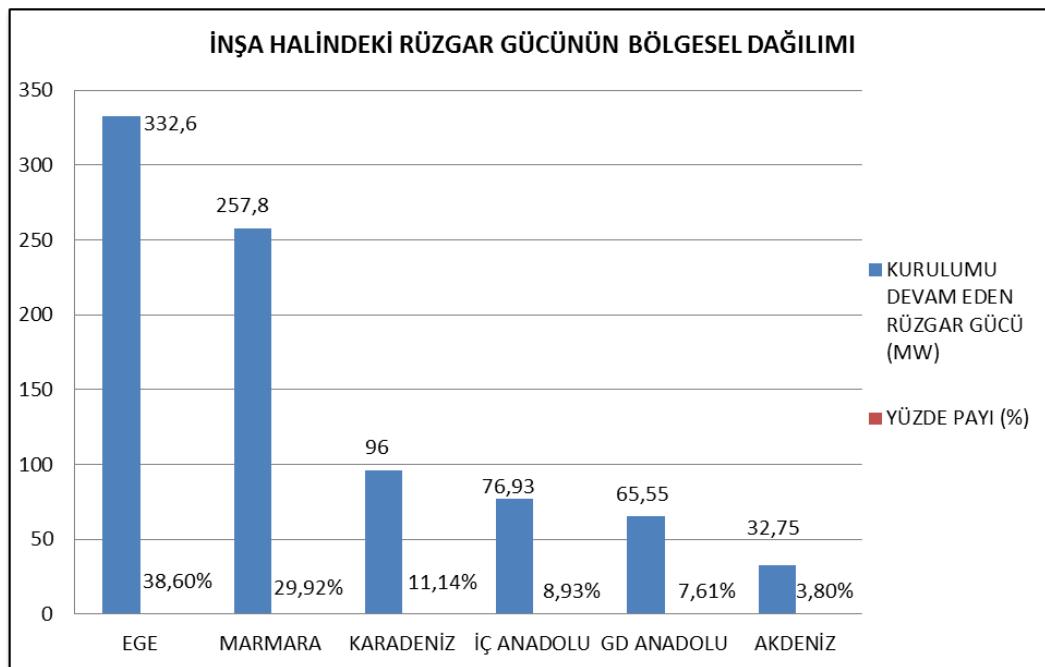


**Şekil.6 Türkiye'de Rüzgar Enerji Kapasitesinin Kullanım Durumu**

Grafikten görüldüğü üzere Ege ve Akdeniz bölgelerinin kurulu güç içindeki payı daha yüksektir. Ege ve Akdeniz bölgelerine daha yüksek oranda yatırım yapılmıştır. Marmara ve Karadeniz bölgelerinde ise henüz kullanılmamış yüksek bir potansiyel olduğu görülmektedir dolayısıyla bu bölgelerin daha yüksek yatırım potansiyeline sahip olduğu söylenebilir. Marmara ve Karadeniz bölgeleri offshore rüzgar potansiyeli açısından da incelenmeye değer bölgelerimizdendir.

#### *Türkiye'de Kurulmakta Olan Rüzgar Enerji Santrali (RES) Toplam Gücünün Bölgelere Göre Dağılımı*

Türkiye'de inşa halindeki santraller incelendiğinde yatırımların Ege ve Marmara bölgelerinde yoğunlaştiği görülmektedir. En fazla RES projesi bulunan ilimiz 190 MW güç ile İzmir olmuştur. Şekil.7'de inşa halindeki rüzgar gücünün bölgelere göre dağılımı görülmektedir.

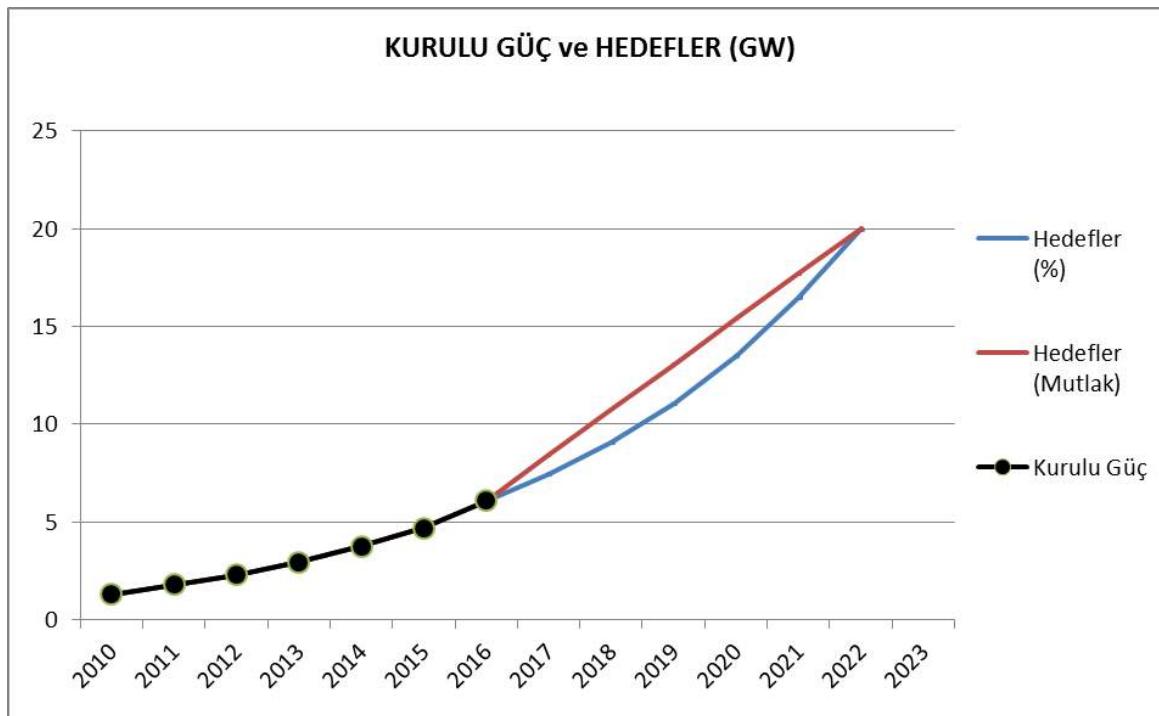


**Şekil.7 Türkiye'de İnşa Halindeki Rüzgar Gücünün Bölgelere Göre Dağılımı [1]**

#### *Türkiye Rüzgar Enerjisi Politikaları*

Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı açısından son yıllarda önemli ilerlemeler sağlansa da henüz kullanılmayan önemli bir potansiyel bulunmaktadır. Yenilenebilir enerji potansiyelinden etkin ve verimli bir şekilde faydalanalması, ülkenin artan enerji talebinin karşılanması açısından hayatı öneme sahiptir. [22]

Türkiye'de yenilenebilir enerjiden daha fazla faydalananmak ve enerjide dış ülkelere olan bağımlılığı azaltmak amacıyla 2023 yılı için bazı hedefler belirlenmiştir. Bu hedeflerden biri rüzgar enerjisinin kapasitesini 20GW seviyesine ulaştırmaktır. Önceki yıllarda gerçekleşen kurulumlarla, bu hedefe ulaşmak için gelecek yıllarda yapılması gereken kurulumları karşılaştıracak olursak Şekil.8' deki grafik ortaya çıkacaktır.



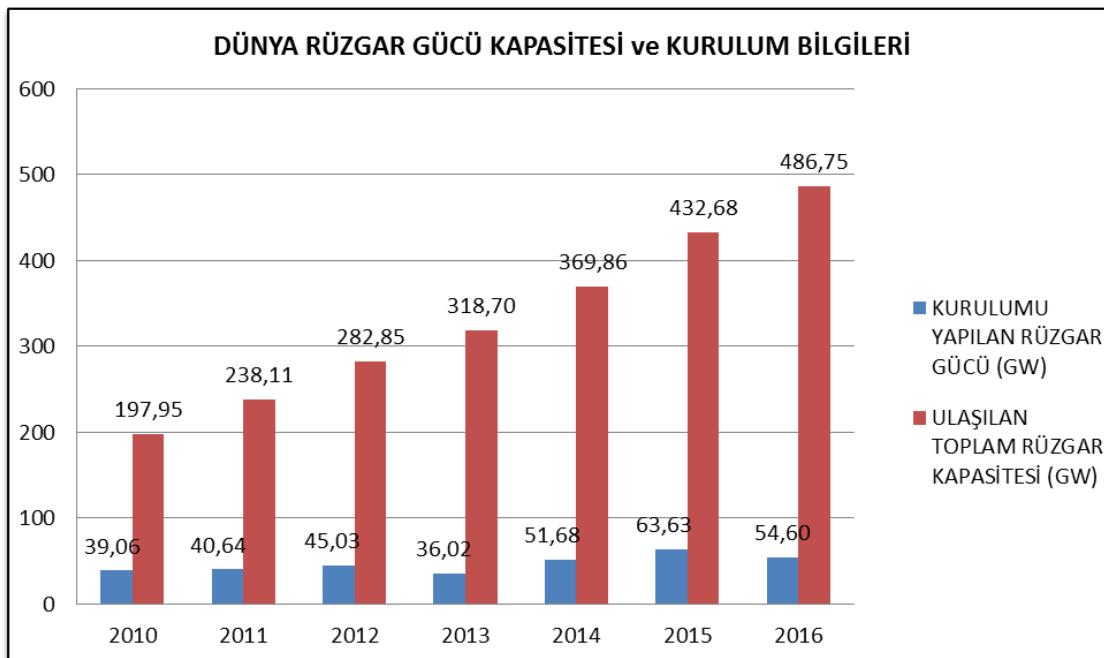
**Şekil.8 Türkiye'nin Rüzgar Enerjisi Hedefleri ve Gerçekleşme Değerleri**

Bu grafiğe göre Türkiye 2023 yılına kadar her yıl en az 2,32 GW kurulum yapmalıdır. Başka bir ifadeyle her yıl bir önceki kurulu gücün %22'si kadar yeni tesis devreye alınırsa hedef gerçekleşmiş olacaktır. Bu hedefe ulaşmak için Türkiye'de çeşitli yasal düzenlemeler yapılmakta ve aksiyonlar alınmaktadır.

Son olarak 6 Nisan 2017 tarihinde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından "Milli Enerji ve Maden Politikası" bir tanıtım programıyla duyurulmuştur. Uygulamaya konulacak olan Milli Enerji ve Maden Politikasının temeli, toplam elektrik enerjisi üretimindeki yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının payının ve kaynak çeşitliliğinin artırılması suretiyle elektrik enerjisi üretiminde dengeli bir portföyün oluşturulmasına dayanmaktadır. Bu programda toplam elektrik üretiminde yerli ve yenilenebilir kaynak oranının üçte iki (2/3) seviyesine yükseltilerek, güneş ve rüzgar kurulu kapasitemizeümüzdeki 10 yılda her bir kaynaktan 10GW kapasite eklenmesi hedefleri de ortaya konulmuştur. Ayrıca programın sunumunda rüzgar turbin teknolojisinde yerlileştirmenin önünün açılacağı vurgulanmıştır. [23]

#### Türkiye'de Rüzgar Enerjisi Kurulumunun Küresel Değerlerle Kıyaslaması

2016 yılında tüm dünyada 54 GW gücünde rüzgar turbini devreye alınmıştır. Böylece toplam küresel kurulu güç kapasitesi yaklaşık 486,75 GW olmuştur. Türkiye'de ise 1.387 MW kurulum yapılarak 6,1GW kurulu kapasiteye ulaşılmıştır. Türkiye 2016 yılında Almanya ve Fransa'dan sonra en çok kurulum yapan üçüncü Avrupa ülkesi olmuştur. [6], [1]



**Şekil.9 Dünya Kurulu Rüzgar Gücü Kapasitesi**

Türkiye, Avrupa ve Dünya genelinde son altı yılda ulaşılan değerlerin kıyaslanması Tablo.1'de görülmektedir. Bu değerle Türkiye, 2016 yılında Avrupa ülkeleri toplamının %10'u kadar bir kurulum gerçekleştirmiştir.

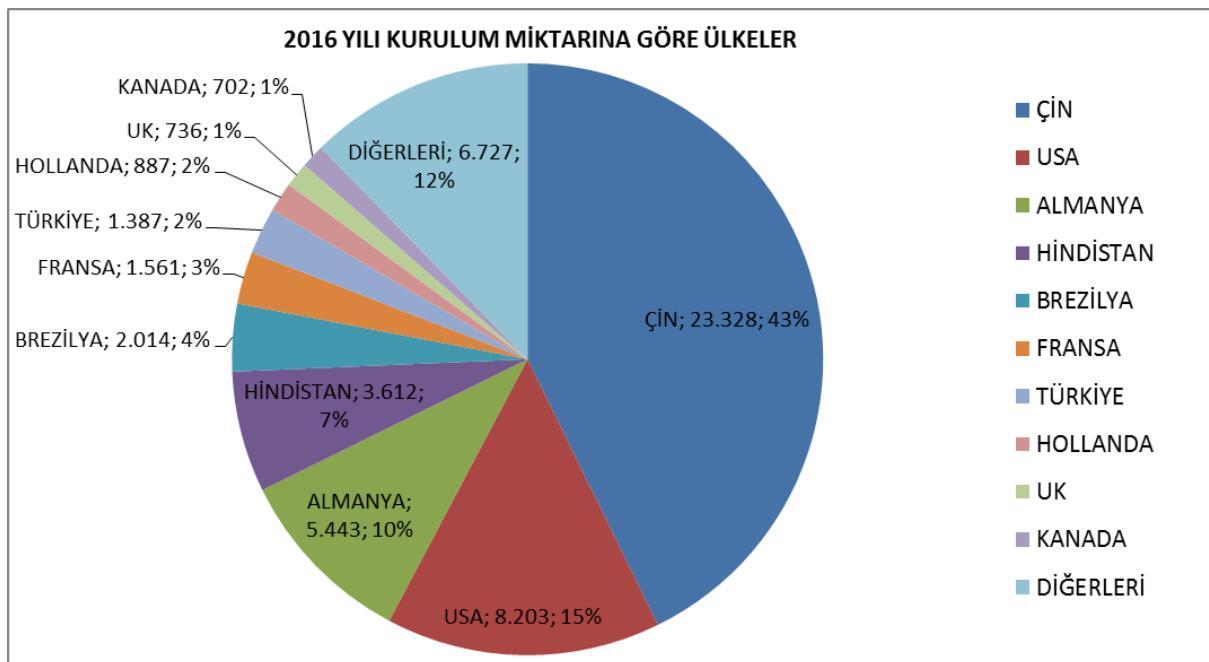
*Tablo.1 Türkiye'de Rüzgar Gücü Kurulumunun Global Değerlerle Karşılaştırması*

		2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010
KURULUM YAPILAN GÜC (MW)	TÜRKİYE	1.387	956	804	646	506	477	537
	AVRUPA	12.122	12.518	11.588	11.113	11.951	9.426	9.707
	DÜNYA	54.069	62.818	51.165	35.847	44.740	40.154	39.06
ULAŞILA N TOPLAM GÜC (MW)	TÜRKİYE	6.104	4.694	3.738	2.934	2.288	1.781	1.305
	AVRUPA	153.700	141.578	129.060	117.472	106.359	94.408	84.982
	DÜNYA	486.749	432.680	369.862	318.697	282.850	238.110	197.956
ARTIŞ ORANI (%)	TÜRKİYE	29,5%	25,6%	27,4%	28,2%	28,4%	36,5%	67,9%
	AVRUPA	8,6%	9,7%	9,9%	10,4%	12,7%	11,1%	12,9%
	DÜNYA	12,5%	17,0%	16,1%	12,7%	18,8%	20,3%	24,4%

2016 yılında en çok kurulum yapan ülkeler sıralaması Çin 23,3GW, ABD 8,2GW, Almanya 5,4GW, Hindistan 3,6GW, Brezilya 2GW, Fransa 1,5GW ve Türkiye 1,3GW

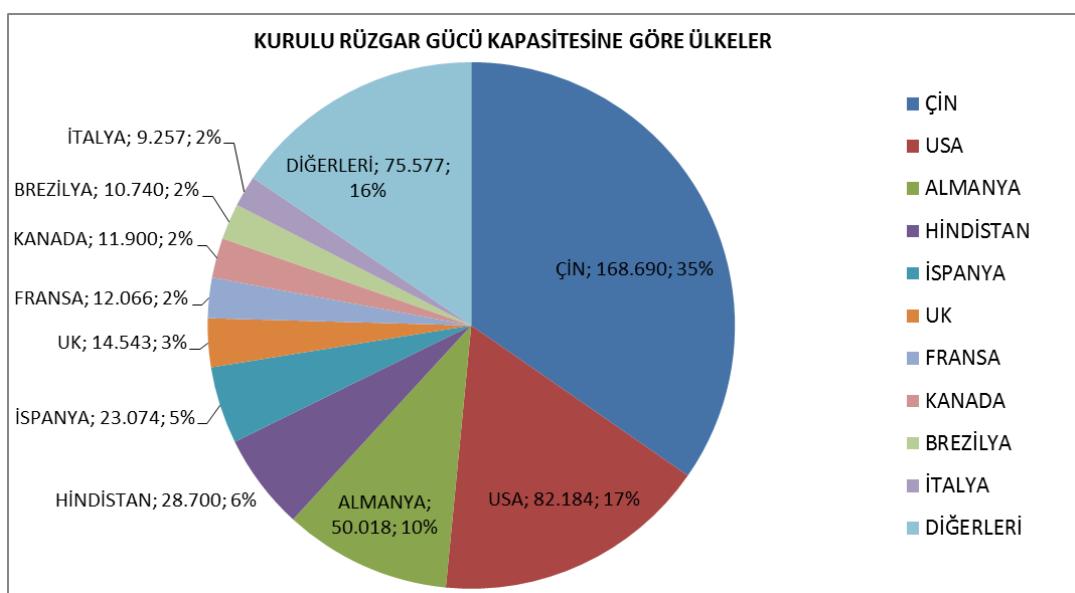
şeklindedir. Türkiye devreye aldığı 1.387,7 MW ile en çok kurulum yapan yedinci ülke konumundadır. Bu değer Dünya genelinde devreye alınan türbinlerin %2,5'ine karşılık gelmektedir.[6]

2016 yılında en çok rüzgar enerjisi kurulumu yapan 10 ülke Şekil.10 da görülmektedir. MW olarak devreye alınan güç ve % olarak global kuruluma oranı verilmektedir.



**Şekil.10 2016 Yılında En Çok Kurulum Yapan Ülkeler**

2016 yıl sonunda ise kümülatif kurulu gücü göre ülkelerin sıralaması Şekil.11'de verilmiştir. İlk 10 sıradaki ülkelerin sahip olduğu kapasite toplam global kapasitenin %84'ünü oluşturmaktadır. [6]



**Şekil.11 Toplam Kurulu Kapasitesine Göre Ülkeler**



## Rüzgar Türbinlerinin Temel Özellikleri

Rüzgar türbinleri dönme ekseni, rüzgar etkisi ve kanat sayısı gibi çeşitli özelliklerine göre sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırma genel olarak aşağıdaki gibidir.

### Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri

Rüzgar Etkisine Göre;

Rüzgarı Önden Alan Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri

Rüzgarı Arkadan Alan Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri

Kanat Sayısına Göre;

Tek Kanatlı Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri

İki Kanatlı Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri

Üç Kanatlı Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri

Çok Kanatlı Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri

Dikey Eksenli Rüzgar Türbinleri

Darrieus Tipi Dikey Eksenli Rüzgâr Türbini

H-Darrieus Tipi Düşey Eksenli Rüzgâr Türbini

Savonius Tipi Düşey Eksenli Rüzgâr Türbini

### Eğik Eksenli Rüzgar Türbinleri

Genel olarak kabul görmüş ve günümüzde ticari amaçla kullanılan türbinler yatay eksenli, üç kanatlı ve rüzgarı önden alan rüzgar türbinleridir. Diğer türbinler çeşitli dezavantajları nedeniyle günümüzde kullanım alanı bulamamıştır. Dikey eksenli rüzgar türbinleri genellikle deneyler için üretilmektedir.

Rüzgar türbinlerinde kanat sayısının artmasıyla aerodinamik verim artar ancak geri dönüşü azaltır. Örneğin kanat sayısının birden ikiye çıkması üretimi %6 oranında arttırmır, ikiden üçe çıkması ise ilaveten %3 oranında artırmaktadır. [12]

Üç kanatlı modern türbinler, dünyanın her tarafında kullanılmaktadır. Üç kanat kullanımının asıl sebebi, dönme momentinin daha düzgün olmasıdır. Bu türbinde, türbinin yapısı üzerinde depolanan yüklerden dolayı salınım yapan atalet momenti olmadığından, hub içinde titreşimi önleyici pahalı parçalara gerek yoktur. Kanat uç hızı 70m/sn altında olduğundan gürültünün düşüklüğü, sarsıntısız döndükleri için göz estetiğini bozmamaları önemli bir avantaj olup, halk tarafından kabulünü sağlamıştır. [8]

## Rüzgar Turbin Bileşenleri

Rüzgar türbinleri çok fazla sayıda ve çeşitlilikte ekipman ihtiyaç etmekle beraber genel olarak kule, nasel ve rotor kısımlarından oluşmaktadır. Kule; türbinin destek elemanı olarak ayakta durur, üzerinde ve içinde ekipmanları barındırır. Nasel; güç üretim ve aktarma elemanları olan jeneratör ve dişli kutusu ile beraber sensörler, fren sistemi, kontrol sistemleri gibi türbinin ana elemanlarından oluşan yapıdır. Rotor ise kanatlar ve hub denilen göbek kısmından oluşur, burada kanat açısı kontrol sistemi (pitch) de



bulunmaktadır. Türbinin diğer bileşenleri ise trafo, kesici/ayırıcı ve kablolar gibi elektrik ekipmanları, veri toplama, iletişim sistemleri ile temel yapısı olarak sayılabilir.

Rüzgar türbinlerinin kanatlarında epoksi reçine, cam ve karbon kumaşları ile çeşitli kompozit ara malzemeler (PVC, Polietilen, Polipropilen vb) kullanılmaktadır. Bu malzemeler genel olarak mekanik sağlamlık, korozif ortamlara dayanım, yüksek ısı dayanımı ve elektriksel özelliklerini nedeniyle tercih edilmektedir.

### *Rüzgar Türbin Kanatlarının İmalatı*

Rüzgar türbin kanatları kompozit yapıdadır ve üretimleri büyük oranda el ile imalata dayanmaktadır. Kompozit yapıda olmalarından dolayı imalatları da büyük kompozit üretimlerin yapıldığı yöntemlerden biri ile yapılır.

Yakın geçmişte “El Yatırması Yöntemi”, daha sonra bunun geliştirilmesiyle “Vakum Torbalama ile El Yatırması Yöntemi” ve günümüzde yaygın olarak “İnfüzyon Yöntemi” olarak adlandırılan yöntemlerle kanatların üretimi yapılmış ve yapılmaya devam edilmektedir. [9]

### Rüzgar Türbinlerinde Elektrik Üretimi

#### *Rüzgar Türbinlerinde Kullanılan Jeneratörler*

Jeneratör rüzgar türbinde mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren ekipmandır. Geçmişte birçok jeneratör çeşidi rüzgar türbinlerinde kullanılmış ve test edilmiştir. Bu jeneratör tipleri; sincap kafesli asenkron jeneratörler, rotoru sargılı asenkron jeneratörler, çift beslemeli asenkron jeneratörler, sabit mıknatıslı senkron jeneratörler ve elektrik uyartımlı senkron jeneratörlerdir. [15]

Bütün jeneratörler doğrudan ve dişli kutusu ile tahraklı sistemin her birine uygun değildir. Doğrudan tahraklı sistemler senkron jeneratöre ihtiyaç duyarken dişli kutusu olan sistemler genellikle asenkron jeneratörlerle donatılır. [16]

Doğru akım jeneratörleri, büyük güçlü rüzgâr enerjisi tesislerinde tercih edilmemektedir. Bunun nedeni, sık bakım gereksinimi ve alternatif akım jeneratörlerine göre daha pahalı olmasıdır. Doğru akım jeneratörleri, günümüzde sadece küçük güçlü rüzgâr enerji tesislerinde akülere enerji depolamak için kullanılır. Direkt şebekeye bağlı sistemlerde, alternatif akım jeneratörlerini oluşturan asenkron veya senkron jeneratörler kullanılmaktadır.[10]

Günümüz rüzgar türbinleri incelendiğinde son yıllarda daha büyük güçlü türbin üretimine yönelik olduğu görülmektedir. Üretimdeki türbinlerde genel olarak çift beslemeli asenkron jeneratörler ve sabit mıknatıslı senkron jeneratörler tercih edilmektedir. Sabit mıknatıslı veya elektrik uyartımlı senkron jeneratörler ise dişli kutusuyla birlikte veya doğrudan tahraklı olarak (direct drive) kullanılmaktadır.

Dünya genelinde üretimde olan bazı rüzgar türbinlerinin katalog verileri incelendiğinde Tablo-2'deki sonuçlar görülmüştür.

*Tablo.2 Bazı Üreticilerin Türbinlerinde Kullanılan Jeneratör Tipleri*



	ÜRETİCİ FİRMA	TÜRBİN GÜCÜ (kW)	JENERATÖR TİPİ	AKTARMA
1	SIEMENS	2300-3600	SİNCAP KAFESLİ ASENKRON	DİŞLİ KUTUSU
2	SIEMENS	3000-6000	SABİT MIKNATISLI SENKRON	DOĞRUDAN
3	GAMESA	2000-2500	ÇİFT BESLEMELİ ASENKRON	DİŞLİ KUTUSU
4	GAMESA	4500-5000	SABİT MIKNATISLI SENKRON	DİŞLİ KUTUSU
5	VESTAS	2000-3000	ÇİFT BESLEMELİ ASENKRON	DİŞLİ KUTUSU
6	VESTAS	3300-3600	SABİT MIKNATISLI SENKRON	DİŞLİ KUTUSU
7	NORDEX	2500-3600	ÇİFT BESLEMELİ ASENKRON	DİŞLİ KUTUSU
8	ENERCON	3000-7500	ROTORU SARGILI SENKRON	DOĞRUDAN
9	GE	2000-3200	ÇİFT BESLEMELİ ASENKRON	DİŞLİ KUTUSU

Tablodan görüleceği üzere daha yeni ve büyük güçlü rüzgar türbinlerinde sabit mıknatıslı senkron jeneratörler ön plana çıkmaktadır. Bunun en önemli nedeni bu jeneratörlerin doğrudan tarihlenmiş sisteme uygun olması ve böylece hareketli parçaların azalarak türbin işletme maliyetlerinin düşmesine imkan sağlamasıdır.

#### *Türkiye'de Kurulan Rüzgar Türbinlerinin Teknik Özellikleri*

Tablo-3'de Türkiye'de inşa halindeki RES'lerde kullanılan türbinlerin bazı teknik özellikleri listelenmiştir. Türkiye'de kurulumu devam eden RES bilgileri incelediğinde, dünyadaki gelişmelere paralel bir şekilde, yeni projelerde daha büyük güçteki türbinlerin tercih edildiği tespit edilmiştir.

Tablo.3 Türkiye'de İnşa Halindeki Rüzgar Türbinlerinin Teknik Özellikleri

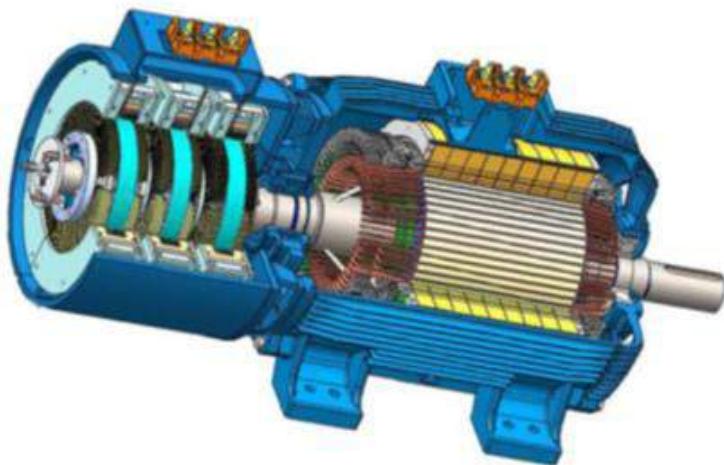
	ÜRETİCİ FİRMA	TÜRBİN MODELİ	TÜRBİN GÜCÜ (kW)	JENERATÖR TİPİ	AKTARMA	ROTOR ÇAPı (m)	RÜZGAR ALANI(m <sup>2</sup> )
1	NORDEX	N90/N100 N117	2500 3600	ÇİFT BESLEMELİ	DİŞLİ KUTUSU	90/100 117	6.362/7.854 10.715

				ASENKRON				
2	SIEMENS	SWT-3.2-113 SWT-3.6-130	3200 3600	SABİT MIKNATISLI SENKRON	DOĞRUDAN	113 130	10.000 13.300	
3	VESTAS	V112-3.3 V126-3.3	3300	SABİT MIKNATISLI SENKRON	DİŞLİ KUTUSU	112	9.852	
4	GE	GE-1.7-103 GE-2.75/2.85-103 GE-3.2-103	2000 2750/2850 3200	ÇİFT BESLEMELİ ASENKRON	DİŞLİ KUTUSU	103	7.854 8.332	
5	SENVION	3,6M114 3,6M140	3400 3600	SİNCAP KAFESLİ ASENKRON	DİŞLİ KUTUSU	114 140	10.207 15.394	
6	GAMESA	G114 G126	2000/2500 2500	ÇİFT BESLEMELİ ASENKRON	DİŞLİ KUTUSU	114 126	10.207 12.469	

Türkiye'deki en yeni rüzgar türbinlerinin de elektrik üretim üniteleri yaygın olarak çift beslemeli asenkron jeneratör ve sabit mıknatıslı senkron jeneratörden oluşmaktadır.

#### *Çift Beslemeli Asenkron Jeneratörler (Doubly Fed Induction Generators-DFIG)*

Çift beslemeli asenkron jeneratör, stator sargıları doğrudan şebekeye bağlanmış olan rotoru sargılı bir asenkron jeneratör ile rotor sargılarına monte edilmiş iki yönlü (back-to-back) konvertörden meydana gelmiştir. Jeneratörün rotoru ve rüzgar turbini bir dişli kutusu vasıtasiyla birbirine bağlanır çünkü optimal hız aralıkları farklıdır. [11]



Şekil.12 Çift Beslemeli Asenkron Jeneratörün Kesit Görüntüsü [17]

Çift beslemeli asenkron jeneratörlerin en önemli avantajları; rotorda üretilen enerjinin boşa harcanmak yerine güç konvertörü aracılığıyla şebekeye iletilmesi ve şebeke tarafındaki güç konvertörünün reaktif güç kompansasyonu yaparak şebekeye pürüzsüz bir bağlantı sağlamasıdır.[14] Bu jeneratörlerin en büyük dezavantajı ise reaktif mıknatışlanma akımına ihtiyaç duymasıdır. Uyartım için ihtiyacı olan bu reaktif enerjiyi bağlı olduğu şebekeden sağlar.

Genel olarak tüm alternatif akım jeneratörlerinde kutup çifti sayısına bağlı olarak senkron devir sayısı;

$$n = 60 \left( \frac{f}{p} \right) \quad (D.1)$$

olarak verilir. Bu denklemdeki kutup çifti sayısı statoru oluşturan sargıların sayısını ifade etmektedir.

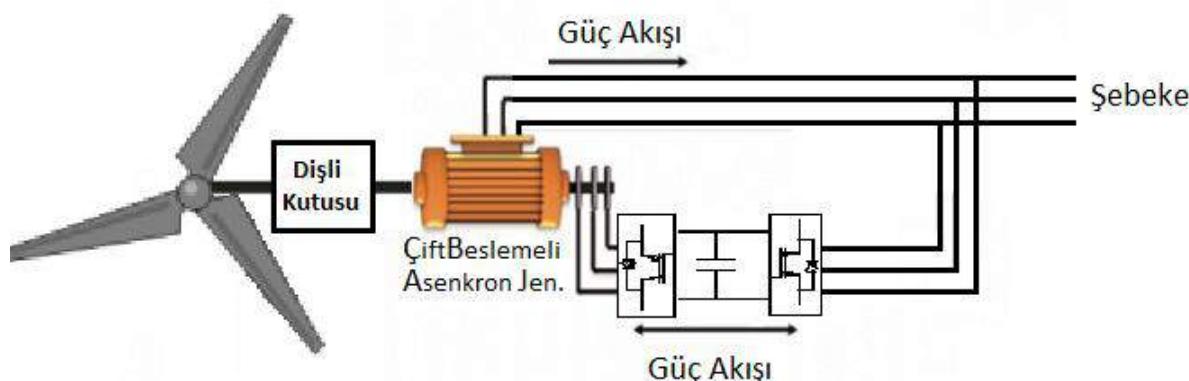
Burada;

$f$ =şebeke frekansını (50 Hz),

$p$ =kutup çifti sayısını,

$n$ =devir/dakika'yı belirtmektedir.

Sürücünün çalışma şartına bağlı olarak, rotordan içeri ya da dışarı güç beslenir: senkron-üstü hızda ulaşıldığında (super-synchronous mode) konverter vasıtasıyla rotordan şebekeye güç akışı olurken, senkron-altı hızda dönerken (sub-synchronous mode) ise şebekeden güç çekilir. Her iki durumda da stator şebekeye enerji verir. [11] Başka bir ifadeyle senkron hızın altında iken rotor tüketicidir, senkron hızda ulaşıldığında ise rotor üretici konuma geçer, stator ise her durumda üretici olarak şebekeye güç sağlar. Bu durum Şekil.12' de gösterilmiştir.



Şekil.13 Çift Beslemeli Asenkron Jeneratörde Güç Akışı

Çift beslemeli asenkon jeneratörün senkron-üstü ve senkron-altı hızlarda iken şafttan rotoruna aktarılan mekanik gücün sırasıyla D.2 ve D.3 denklemelerinde verildiği gibidir. [11]

$$P_m = \left( 1 + \frac{f^2}{f} \right) P_r \quad (D.2)$$

$$P_m = \left( 1 - \frac{f^2}{f} \right) P_r \quad (D.3)$$

Burada ;

$P_r$ =rotordan statora aktarılan elektromanyetik gücü,



$f_2$ =rotorun herhangi bir andaki frekansını,  
 $f$ = standart frekansı göstermektedir.

Rotor sargılarında harcanan elektriksel güç ise her zaman denklem D.4 te verildiği gibidir. [11]

$$\text{Per} = \left( \frac{f_2}{f} \right) Pr \quad (\text{D.4})$$

Ayrıca;  $s = \frac{f_2}{f}$  ifadesi kayma (slip) olarak adlandırılır.

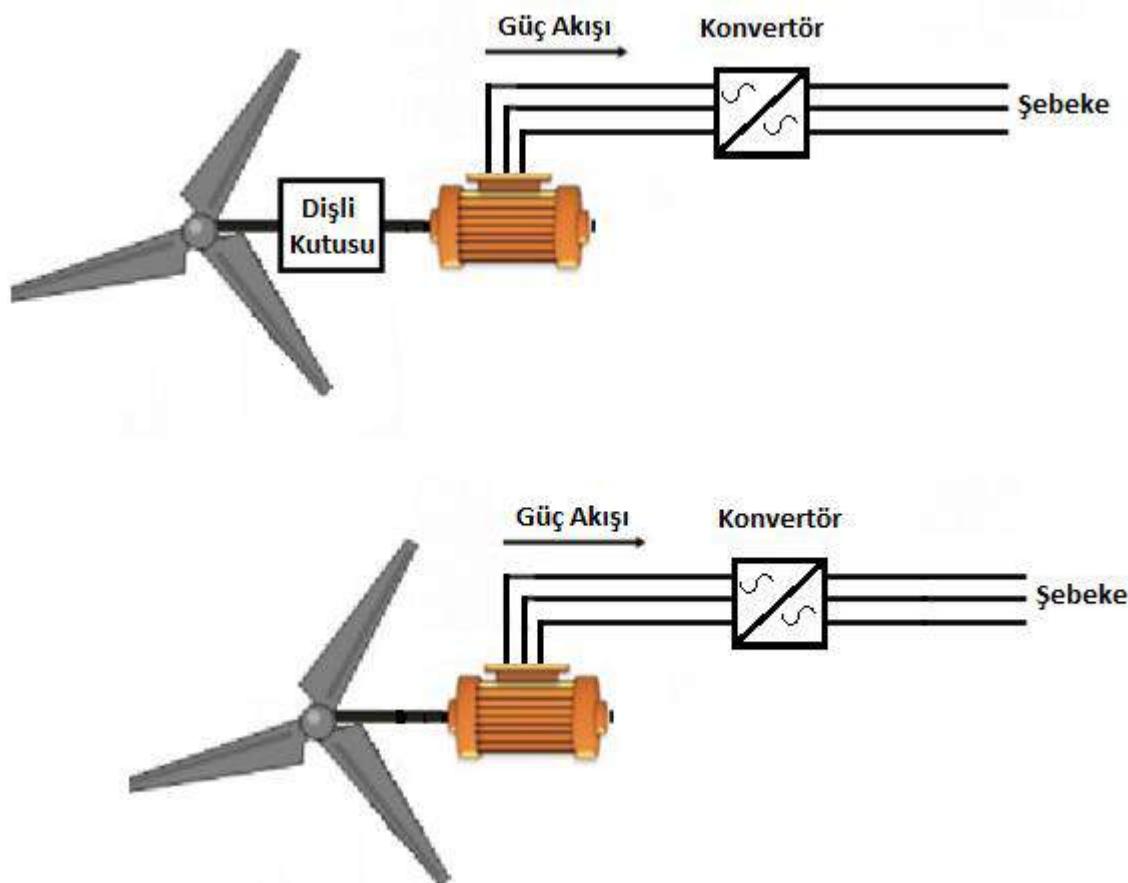
Asenkron makinelerin karakteristikleri gereği oluşan kayma (slip) yük ile birlikte artar. Burada karşılaşılan en büyük problem, stator sargıları için gerekli olan manyetik akımın şebekeden sağlanmasından dolayı, tam yükte güç faktörünün çok düşük olmasıdır. Bu durumda ise kapasitör bankaları kullanılarak sistem kompanze edilir.[18]

#### *Sabit Mıknatıslı Senkron Jeneratörler (Permanent Magnet Synchronous Generators-PMSG)*

Sabit mıknatıslı senkron jeneratörler herhangi bir enerji kaynağına gerek duymadan kendinden uyartımlı olması nedeniyle rüzgar türbini uygulamalarında önerilmektedir. En büyük artısı herhangi bir hızda güç üretebilmesidir. Bakım maliyeti düşüktür. Jeneratör hızı herhangi bir dişli kutusuna gerek kalmadan kontrol edilebilir.[20]

Sabit mıknatıslı senkron jeneratörün statoru sargılıdır ve rotoru bir sürekli mıknatıs kutup sistemi ile donatılmıştır. Sabit mıknatıslı senkron jeneratörün senkron yapısı, çalışması sırasında senkronizasyon ve voltaj regülasyonu problemlerine neden olabilir. Kolayca sabit bir voltaj üretemez. Döner manyetik alan sabit olduğundan ve rotor dönüş hızı ise rüzgar hızı ile değiştiğinden, çıkış voltagı ve frekansı değişkendir ve kararlı bir güç üretimi sağlayamaz. Buna ilaveten sabit mıknatıslı uyartım, üretilen voltaj ve frekans ile iletilen voltaj ve frekansı ayrı ayrı ayarlamak amacıyla bir tam ölçek güç konvertörü kullanılmasına ihtiyaç duyur.[19]

Sabit mıknatıslı senkron jeneratörde güç konvertörü tarafından şebeke gerilimi ve frekansı referans alınarak, jeneratörün ürettiği ve değişken olan AC genlik ve frekans değerleri yine değişken olan bir DC gerilimine çevrilmekte, iki DC gerilim kıyaslanması ve tam eşitlik sağlandığında izole kapılı bipolar transistör (IGBT) devreleri tetiklenip iletme geçerek şebeke ve jeneratörü birbirine bağlamaktadır. Bu bağlantı (senkronizasyon), mekanik kesicilerle değil, statik olarak yapılmaktadır. Böylece senkronizasyon işlemi çok hızlı bir şekilde gerçekleşmekte ve şebekede ani darbeler önlenmektedir.[21]



**Şekil.14 Sabit Mıknatıslı Senkron Jeneratörün Dişli Kutusuyla ve Doğrudan Şebekeye Bağlanması**

Sabit mıknatıslı senkron jeneratörler "yüzeysel monte edilmiş mıknatıslar", "gömülü mıknatıslar", "damper sargılılar" vb. gibi çeşitli kategorilere ayrılabilirler. Bu sistemlerin her birinin kendilerine özgü avantajları vardır. Doğrudan tahlaklı rüzgar türbinlerinde kullanılan sabit mıknatıslı senkron jeneratörler çok kutuplu olarak üretilirler ve sadece güç konvertörü vasıtasiyla şebeke frekansına uygun enerjiyi üretebilirler. Bu nedenle ayrıca dişli kutusuna ihtiyaç duyulmaz. Genelde kutup sayısı 84, 96 ve daha çoktur. Dişli kutusuna sahip olmayan rüzgar türbinlerinin daha basit yapıda olma, maliyetinin daha düşük olması ve ses düzeylerinin düşük olması gibi avantajları vardır.

Yeni tasarlanan sistemlerde, daha düşük hacimde olmaları, karlılık ve veriminin yüksek olması sebebiyle sabit mıknatıslı senkron jeneratörler tercih edilmektedir. Bu jeneratörler, uygun güç elektroniği devreleri ile birlikte, değişken hızlı rüzgar türbinlerinde kullanılmaktadır.[18]

#### *Çift Beslemeli Asenkron Jeneratör ile Sabit Mıknatıslı Senkron Jeneratörün Karşılaştırılması*

Sabit mıknatıslı makinede verim asenkron makineye göre daha yüksektir. Fakat sürekli mıknatısları üretmek için kullanılan malzemeler pahalıdır ve üretimleri zordur. Sabit mıknatıslı senkron jeneratörlerin bir diğer dezavantajı ise manyetik malzemelerin sıcaklığı



karşı hassas olmasıdır. Bu nedenle sabit mıknatıslı senkron jeneratörün rotor sıcaklığı denetlenmelidir ve bir soğutma sistemine ihtiyaç duyulur. [19]

Çift beslemeli asenkron jeneratörlerin şebeke bağlantısı konvertör ile yapıldığında ayrıca reaktif güç kontrolüne gerek kalmaz, reaktif güç kontrolünü konvertörler sağlar. Çift beslemeli asenkron jeneratörün en büyük dezavantajı ise bilezik tertibatının bulunması ve hareketli olan bu parçaların düzenli bakıma olan ihtiyacıdır. Bununla beraber asenkron jeneratörlerin sadece dişli kutusu ile birlikte kullanılabilmesi rüzgar türbininde hareketli sistemlerin artmasına ve böylece bakım maliyetlerinin ve arıza olasılığının artmasına neden olur.

Senkron jeneratörler, aynı büyüklükteki asenkron jeneratörlere göre daha pahalı ve mekanik olarak daha karmaşıktır. Sabit mıknatısların fiyatları çok yüksektir ve bu mıknatısların kalitesi jeneratör verimini doğrudan etkilemektedir. Bir diğer dezavantajı ise mıknatısların manyetik özelliklerinin sıcaklıkla değişmesidir. Yüksek sıcaklıklarda ve kısa devre durumlarında mıknatısların manyetik özelliklerini kaybettikleri bilinmektedir. Bu nedenle rotor sıcaklıklarının soğutma sistemleri ile kontrolünün sağlanması gereklidir. Bununla beraber sabit mıknatıslı senkron jeneratörlerin bakım maliyetleri düşük olup reaktif mıknatıslanma akımına ihtiyaç duymaz. Çok kutuplu bir senkron jeneratör dişli kutusu olmaksızın doğrudan sürüs uygulamaları için de uygundur. Bu durum daha basit yapılı ve uzun ömürlü rüzgar türbini üretimine olanak sağlamaktadır.

Çift beslemeli asenkron jeneratör ve sabit mıknatıslı senkron jeneratörün avantajları Tablo.4' te karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Tablo.4 Çift Beslemeli Asenkron Jeneratör ile Sabit Mıknatıslı Senkron Jeneratörün Avantajlar Tablosu

ÇBAG İLE SMSG KARŞILAŞTIRMASI		
	ÇBAG	SMSG
Büyük Güçlü Uygulamalarda Kullanım	UYGUN	
Reaktif Güç Kontrolü	KOLAY	
Harici Uyartım İhtiyacı		YOK
Bilezik ve Hareketli Parça		YOK
Dişli Kutusu İhtiyacı		YOK
Bakım Masrafi		DAHA DÜŞÜK
Verim		DAHA YÜKSEK
Kararlı Çalışma		DAHA YÜKSEK
Güç /Ağırlık - Güç / Hacim Oranı		DAHA YÜKSEK
Yüksek Sıcaklığa Duyarlılık	DAHA AZ	
Üretim Maliyeti	DAHA AZ	



## BULGULAR

Türkiye'de henüz kullanılmayan büyük miktarda rüzgar enerji potansiyeli bulunmaktadır. Rüzgar enerjisi yatırımları en verimli sahalarda yoğunlaşmıştır. Bununla beraber Türkiye'de offshore rüzgar santrali kurulumu henüz yapılmamıştır.

Son yıllarda kurulumu yapılan rüzgar enerji santrallerinin toplam kapasitesi göz önüne alındığında, belirlenen hedef değere (2023 yılında 20MW kurulu güç) önceki yıllarda gösterilen performansın devam etmesi koşulunda kolaylıkla ulaşılacağı anlaşılmaktadır. Türkiye'de yeni ve mevcut verimli alanlara rüzgar enerjisi yatırımları devam etmekte ve kurulu güç her yıl %25 üzerinde artış göstermektedir.

Global rüzgar enerjisi yatırımlarında ise daha fazla kullanılmamış potansiyeli bulunan Asya ülkelerinin ön plana çıktığını görüyoruz. Sadece Çin ve Hindistan'da 2016 yılında devreye alınan rüzgar gücü Dünya genelinde yapılan yatırımların yarısına eşittir.

Rüzgar türbinlerinin özellikle jeneratörleri ve güç elektroniği sistemleri her geçen gün daha yeni teknolojilerle donatılmakta ve verimlilikleri arttırmaktadır. Böylece sınırlı olan verimli alanlardan daha fazla miktarda enerji üretimi mümkün hale gelmektedir. Bu durum enerji maliyetlerinde azalma ve rüzgar enerji kaynaklarını en üst verimlilik seviyesinde kullanma imkanı sağlamaktadır.

Günümüz rüzgar türbinlerinde genellikle sabit mıknatıslı senkron jeneratörlerin ve çift beslemeli asenkron jeneratörlerin tercih edildiği görülmektedir. Öne çıkan jeneratör tiplerinden sabit mıknatıslı senkron jeneratör ve çift beslemeli asenkron jeneratörden her birinin kendine özgü avantajları bulunmaktadır. Ancak sabit mıknatıslı senkron jeneratörlerin doğrudan tahraklı olarak geniş bir devir aralığında kullanılabilmesi nedeniyle, ilk üretim maliyetinin daha yüksek olmasına rağmen, çok büyük güçlü türbinlerde daha fazla tercih edildiği görülmektedir. Hatta sabit mıknatıslı senkron jeneratör ve doğrudan tahraklı sistemin teknolojik bir gelişme olduğu üretici bir firma olan Siemens tarafından ifade edilmiştir.[24]

## SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Türkiye rüzgar enerjisi potansiyeli ve bu potansiyelin kullanım durumu hakkında bilgi verilmiş, Türkiye'de devreye alınan rüzgar gücünün global değerlerle karşılaştırması yapılmış ve günümüz rüzgar türbin teknolojileri incelenmiştir.

Türkiye'de yenilenebilir enerji ve yerli rüzgar türbinleri ile türbin ekipmanlarının üretimi için bir destekleme mekanizması ve bölgelere göre çeşitli yatırım teşvikleri uygulandığı bilinmektedir. Mevcut yatırımların en yoğun olduğu Ege ve Marmara bölgeleri dışındaki alanlar için daha geniş kapsamlı ve avantajlı bir teşvik sistemi uygulanırsa yatırımların bölgesel yiğilmaları önlenecek daha geniş ölçekte kurulum yapılması sağlanabilir. Böylece rüzgar enerjisi potansiyelinin daha dengeli ve verimli kullanılması sağlanabilir. 2023 hedefinin önü açılabilir.

Rüzgar enerjisi kaynağının en verimli ve etkin biçimde kullanılması için rüzgar türbini ve ekipmanlarının imalatı, güç elektroniği ve yazılım gibi daha üst seviye teknolojilerin geliştirilmesi ve bakım onarım gibi sektör ihtiyaçlarının yerli iş gücü ve endüstri ile



üretilmesi kaçınılmazdır. Bakım-onarım ve yedek parça tedariğinin kolay, ucuz ve hızlı olması, yerli imkanlarla sağlanabilmesi açısından yerli rüzgar türbini üretimi çok önemlidir. Bu nedenlerden dolayı rüzgar türbinlerinin elektrik üretimindeki en önemli parçası olan jeneratörün, günümüz geçerli teknolojisiyle yurt içinde üretilmesi iyi bir başlangıç olacaktır.

Rüzgar türbinlerinin jeneratörleri mümkün olduğunda hafif, kompakt, düşük işletme maliyetine sahip ve yüksek enerji dönüşümü sağlayan makineler olmalıdır. Ayrıca sorunsuzluk, işletme kolaylığı, çalışma ömrü ve güvenilirlik gibi karakteristik özellikler de şüphesiz önemlidir. Yerli ve milli kaynaklarla yurt içinde üretimi yapılması için yerli teknolojiyi gerekli nitelikle ulaştırmak zorundayız. Üretimi yapılacak jeneratör modeli günümüzün teknolojik gereksinimlerini karşılayabilmelidir. Bu bağlamda sabit mıknatışlı senkron jeneratör günümüz teknolojisini temsil eden bir jeneratör olarak ön plana çıkmaktadır.

## KAYNAKLAR

- [1] Turkish Wind Energy Association (TUREB). (2017). *Turkish Wind Energy Statistics Report*.
- [2] Turkish Ministry of Energy and Natural Resources. (2016). *Strategic Plan 2015-2019*.
- [3] Basaran, S. T., Dogru, A.O., Balcik, F.B., Ulugtekin, N.N., Goksel, C. & Sozen, S. (2015). Assessment of renewable energy potential and policy in Turkey—Toward the acquisition period in European Union. *Environmental Science & Policy*, **46**, 82-94.
- [4] Baris, K. & Kucukali, S. (2012). Availability of renewable energy sources in Turkey: Current situation, potential, government policies and the EU perspective. *Energ Policy*, 42, 377–391.
- [5] Demirdizen, H. G., (2013). Market development of renewable energy in Turkey. *Thesis to The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University*.
- [6] GWEC(Global Wind Energy Council). (2017). Global Wind Statistics 2016.
- [7] Kaplan Y. A. & San I., (2011). Current Situation Of Wind Energy In The World And Turkey. *Green Energy Conference-VI (IGEC-VI), Eskisehir, Turkey*.
- [8] NURBAY, N. & ÇINAR, A. (2005). Rüzgar Türbinlerinin Çeşitleri ve Birbirleriyle Karşılaştırılması. *III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi, Rüzgar Enerjisi*, 1, 164-168.
- [9] KARABAG, S. (2011). Rüzgar Türbini Kanadı İmalatı. *İzmir Rüzgar Sempozyumu ve Sergisi*.
- [10] APAYDIN, M., ÜSTÜN, A. K., KURBAN, M. & BAŞARAN FİLİK, Ü. (2009). Rüzgar Enerjisinde Kullanılan Asenkron Jeneratörler. *RÜGES 2009 2. Rüzgar Enerjisi Sempozyumu, Samsun*.
- [11] BODUR, A. & ÖZŞAR, Ç. (Trans.) (2009). Güç Sistemlerinde Rüzgar. (Ed. Thomas ACKERMANN). *Elektrik Mühendisleri Odası, Ankara, 2009*.
- [12] M.R. Islam, S. Mekhilef & R. Saidur. (2013). Progress and Recent Trends of Wind Energy Technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 21, 456–468.
- [13] BENLİ, H. (2013). Potential of Renewable Energy in Electrical Energy Production and Sustainable Energy Development of Turkey: Performance and Policies. *Renewable Energy*, 50, 33-46.



- [14] Kadam D.P. & Dr. Kushare B.E. (2012). Overview of Different Wind Generator Systems and Their Comparisons. *International Journal of Engineering Science & Advanced Technology (IJESAT)*, Volume-2, Issue-4, 1076 – 1081.
- [15] H. Li., Z. Chen. & H. Polinder. (2007). Research report on numerical evaluation of various variable speed wind generator systems. *Project UpWind*.
- [16] T. Burton., D. Sharpe., N. Jenkins. & E. Bossanyi. (2011). Wind Energy Handbook. John Wiley & Sons Ltd.
- [17] Ruviaro, M., Runcos, F., Sadowski, N., & Borges, I. M. (2012). Analysis and test results of a brushless doubly fed induction machine with rotary transformer. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 59(6), 2670-2677.
- [18] ŞİPAR, E. (2011). Rüzgar Enerjisi Türbin Sistemleri için Gerçek Zamanlı Dinamik Analiz Simülatörü Gerçekleştirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi*.
- [19] Neha V. & Arun P. (2015). Theoretical Approach for Comparison of Various Types of Wind Generator Systems. *International Journal of Recent Research in Electrical and Electronics Engineering (IJRREEE)*, Vol. 2, Issue 2, pp: 29-35.
- [20] DURSUN, E. & BİNARK, A. K. (2008). Rüzgar Türbinlerinde Kullanılan Generatörler. *VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu*, İstanbul.
- [21] KÜLTÜR, D. & BAŞAK, S. (2009). Rüzgar Santrallarının Temel Çalışma İlkeleri ve Koruma Yönünden Şebekeye Bağlantı Kriterleri. *EMO Ulusal Elektrik Tesisat Kongresi YG Çalıştayı*, İzmir.
- [22] ARIK, A. (2016). Yenilenebilir Enerji Politikalarının Sürdürülebilirliği: AB Ülkeleri ve Türkiye Açısından Bir Değerlendirme. *Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi*.
- [23] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2017). Milli Enerji ve Maden Politikası Tanıtım Programı, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Bakanlik-Haberleri/Milli-Enerji-Ve-Maden-Politikasi-Tanitim-Programi>
- [24] Siemens AG. (2015). Siemens D3 Platform Direct Drive Turbines Onshore Brochure, Germany.



## FUEL PRODUCTION IN EURO 5 QUALITY WITH PYROLYSIS METHOD

Sibel Bayıl Oğuzkan

Department of Medical Services and Techniques, Health Services, Gaziantep 27060,  
Turkey, [bayil@gantep.edu.tr](mailto:bayil@gantep.edu.tr)

Halil İbrahim Uğraş, Department of Chemistry, Science and Arts Faculty, Duzce 81620,  
Turkey, [halilugras@gmail.com](mailto:halilugras@gmail.com)

Mannan Hicazi, International group for alternative energy manager director, Turkey,  
[mannaal1966@gmail.com](mailto:mannaal1966@gmail.com)

**ABSTRACT:** Pyrolysis is the process of separating (decomposing) organic substances into gas, solid or liquid products by heating in an oxygen-free environment. Theoretically the amount of heat required in pyrolysis must be such that it will disrupt the chemical structure of the organic material and provide for the formation of new chemical materials. When the thermal decomposition process is evaluated from the solid fuel aspect, it is known as "carbonization" and when evaluated from the gas and liquid fuel aspect, it is known as "pyrolysis". Plastic and polymer wastes are used as raw materials in this method. After these raw materials are pyrolyzed, three different products are obtained. These are pyrolytic oil, pyrolytic gas and carbonic coal. Raw materials are heated in the appropriate reactor by being taken in a closed environment. In this phase, where it is important not to contact the air, different processes are performed with catalyst (cracking, reforming) and without catalyst.

The waste which left the cracking unit and is separated into small pieces is taken to the catalytic reforming reactor. The reactor to be used is made of stainless steel and has high resistance to heat and chemical reactions. Waste is converted to pyrolytic oil and pyrolytic gas products by being heated in the pyrolysis boiler at around 450 ° C in the presence of alumina silicate catalyst (1-10%). In the final stages of the products to be obtained, high quality fuel (Euro 5) and pyrolytic carbon are converted to active carbon.

**Key Words :** pyrolysis, catalyst, reforming, cracking

## PİROLİZ YÖNTEMİ İLE EURO 5 KALİTESİNDE YAKIT ÜRETİMİ

**ÖZET:** Piroliz, organik maddelerin oksijensiz ortamda ısıtılarak gaz, katı veya sıvı ürünlere ayrılması (bozundurulması) işlemidir. Pirolizde teorik olarak gerekli ısı miktarı, organik maddenin kimyasal yapısını bozacak ve yeni kimyasal maddelerin oluşumunu sağlayacak düzeyde olmalıdır. Isıl bozundurma işlemi katı yakıt açısından değerlendirildiğinde “karbonizasyon”, gaz ve sıvı yakıt açısından değerlendirildiğinde ise “piroliz” olarak bilinir. Bu yöntemde hammadde olarak plastik ve polimer atıkları kullanılmaktadır. Bu hammaddelerin piroliz işlemine tabi tutulması sonrasında üç ayrı ürün elde edilir. Bunlar pirolitik yağ, pirolitik gaz ve karbonik kömürdür. Hammaddeler uygun reaktörde kapalı ortama alınarak ısıtılr. Hava ile temas etmemesi önemli olan bu aşamada katalizörlü (cracking, reforming) ve katalizörsüz farklı işlemler yapılır.

Parçalanma ünitesinden çıkan ve ufak parçalara ayrılan atık katalitik reforming reaktörüne alınır. Kullanılacak olan reaktör paslanmaz çelikten imal edilmiş olup ısıya ve



kimyasal reaksiyonlara karşı mukavemeti yüksektir. Piroliz kazanında 450 °C civarında alüminasilikat katalizör eşliğinde (% 1-10 oranında) ısıtılarak atıklar pirolitik yağ ve pirolitik gaz ürünlerine dönüştürülür. Elde edilecek ürünlerden son aşamada yüksek kalitede yakıt (Euro 5) ve pirolitik karbonun aktive karbona dönüştürülmesi sağlanır.

**Anahtar kelimeler:** piroliz, katalizör, reforming, cracking



## ADSORPTION OF METHYLENE BLUE ON *Agaricus campestris* FROM AQUES SOLUTION

Hevidar Alp

Department of Food Process, Vocational School, Munzur University, Tunceli, Turkey  
[halp@munzur.edu.tr](mailto:halp@munzur.edu.tr)

Vahap Yonten

Department of Chemistry and Chemical Technology Process, Vocational School, Munzur University, Tunceli, Turkey, [vyonten@munzur.edu.tr](mailto:vyonten@munzur.edu.tr)

**ABSTRACT:** The using of dyes were increased by day by with increasing of humans populations, technology and industry. These materials were used in textile, papers, plastic, food and cosmetic industries etc. There are more than one hundred thousand dyes and their pigments.  $7 \times 10^5$  tones of them are produced in the world at the moment (1). The some wastewater especially textile wastewater has caused some problems about environmentally and healthy. Therefore removal of dyes from wastewater is very important. All of them can be toxic, cancer genic, mutagenic and teratogenic (2,3,4). Removal process is critical for human. Because it's application must be cheap and easy. Some methods were used to remove of dyes from aqueous solutions. These methods are adsorption, coagulation, ultra filtration and oxidation etc. Adsorption process would rather than the others. So the using of waste biomaterial on the adsorption is easier and cheaper than others.

*Agaricus campestris* are collected in Tunceli . These fungus powders were grounded to small particle sizes and then sifted through a 230 ( $63\mu\text{m}$ ) mesh wide sieve to obtain maximum surface area and mesoporous character. It prepared for adsorption process were stored in a desiccator until use. After than fungus was treated with Methylene Blue and carried out the experiments of adsorption that was batch system. The constant of Langmuir and Freudlich Adsorption isotherms were obtained in this process. In addition to this,  $R_L$  coefficient on Langmuir isotherm was calculated to obtain the harmony of work. The values of  $R_L$  indicates the type of isotherm to be irreversible ( $R_L = 0$ ), favorable ( $0 < R_L < 1$ ), linear ( $R_L = 1$ ) or unfavorable ( $R_L > 1$ ). As a result, Methylene Blue was successfully adsorbed to the *Agaricus campestris* and model fit was calculated and it was gained to literature.

**Keywords;** Adsorption, *Agaricus campestris*, Methylene Blue, Wastewater

ATIK SULARDAKİ METİLEN MAVİSİNİN *Agaricus campestris* KÜLTÜRÜ ÜZERİNDEKİ ADSORPSİYONU

**ÖZET:** Boyar maddelerin kullanımı, günümüzde teknoloji, sanayileşme ve insan nüfusunun artışı ile orantılı olarak artmaktadır. Bu maddeler tekstil, kağıt, kauçuk, gıda, plastik, kozmetik, ilaç v.b gibi birçok alanda cisimlerin renklendirilmesi işleminde renk verici materyaller olarak kullanılırlar. Yeryüzünde yaklaşık 100,000 farklı boyarmadde ve pigmentin olduğu ve bunlardan dünya çapında yıllık olarak  $7 \times 10^5$  tondan daha fazla üretildiği rapor edilmiştir (1). Çeşitli endüstriler, özellikle tekstil endüstrisi tarafından



çevreye verilen boyarmadde atık suyu bazı zararlara sebep olmaktadır. Bu atık suların boyarmaddelerin uzaklaştırılması çevresel ve sağlık açısından büyük önem arz etmektedir. Çünkü bazı boyarmaddeler ve onların bazı bileşenleri zehirli, kanserojen, mutajenik ve teratojenik olabilir [2,3,4]. Bu nedenle, bu tür zararlı kirliliklerin sudan veya çevreden uzaklaştırılması oldukça önemlidir. Bu uzaklaştırma yöntemlerinin maliyetleri ve kolay uygulanabilir olması da hem ekonomik hem de ergonomik açıdan insanlar için vazgeçilmezdir. Bu tür zararlı kimyasalların bertaraf edilebilmesi için farklı yöntemler uygulanmaktadır. Bunlar adsorpsiyon, koagülasyon, ultra filtrasyon, oksidasyon v.b gibi bir çok yöntem olabilir. Adsorpsiyon yöntemi kullanılacak adsorbentin ucuz ve üretilebilirliğinin kolay olması sebebiyle genellikle tercih edilen prosesdir. Bu prosese özellikle atık olarak değerlendirilebilecek maddelerin kullanımı bu yöntemi ucuz ve etkili kılmaktadır. Adsorbent olarak *Agaricus campestris* kültürü kullanılmıştır. Bu kültür kurutulduktan sonra 230 mesh'lik (63 µm) elekten geçirilerek kullanılmak üzere desikatore alınımuştur. Elde edilen kültür Metilen Mavisi boyar maddesi ile muamele edilerek adsorpsiyon deneyleri gerçekleştirilmiştir. Adsorpsiyon deneyleri tamamlandıktan sonra Langmuir ve Freudlich Adsorpsiyon İzotermelerinin özellikleri incelenerek ilgili katsayılar hesaplanmıştır. Aynı zamanda Langmuir model uyumluluğu  $R_L$  katsayısı bulunarak hesaplanmıştır. Adsorpsiyonun geçerli olabilmesi için  $R_L$  katsayısının 0 ile 1 arasında olması beklenmektedir. Sonuç olarak Metilen Mavisi başarılı bir şekilde *Agaricus campestris* fungusuna tutturularak model uyumu hesaplanmış ve literatüre kazandırılmıştır.

**Anahtar sözcükler:** Adsorpsiyon, *Agaricus campestris*, Atık su, Metilen Mavi

- [1] Zollinger, H. (2001) *Color Chemistry-Synthesis, Properties, and Applications of Organic Dyes and Pigments*, Wiley-VCH, Weinheim-Federal Republic of Germany.
- [2] McKay, G. & Otterburn, M. S. & Aga, J. A. (1985) Fuller's Earth and Fired Clay as Adsorbent for Dyestuffs Water, Air, & Soil Pollution, 24, 307-322,
- [3] Gregory, A. R., & Elliott, J. & Kluge, P. (1981) Ames testing of direct black 38 parallels carcinogenicity testing, *Journal of Applied Toxicology*, 1, 308-313,
- [4] Yonten, V. & Tanyol, M. & Yildirim, N. & Yildirim, N.C. & Ince, (2015) M. Optimization of Remazol Brilliant Blue R dye removal by novel biosorbent *P. eryngii* immobilized on Amberlite XAD-4 using response surface methodology, *Desalination and Water Treatment*, p. 57,15592-15602



## RANGE OF COLIFORM BACTERIA IN GOLDEN HORNE SURFACE WATER AND EFFECT OF ENVIRONMENTAL FACTORS

Necati KARABAŞ<sup>1</sup>, Seyfettin TAŞ<sup>2</sup>

Istanbul University Department of Physical Oceanography and Marine Biology

<sup>1</sup>:[necatikarabas@gmail.com](mailto:necatikarabas@gmail.com)

<sup>2</sup>: [stas@istanbul.edu.tr](mailto:stas@istanbul.edu.tr)

Hurrem BAYHAN

Yıldız Technical University Faculty of Civil Engineering Department of Environmental Engineering

[hurrembayhan@gmail.com](mailto:hurrembayhan@gmail.com)

Gokhan Onder ERGUVEN

Munzur University Faculty of Engineering Department of Environmental Engineering

[gokhanondererguven@gmail.com](mailto:gokhanondererguven@gmail.com)

**ABSTRACT:** In this study, the seasonal influence of surface water for the coliform bacteria group was aimed to investigate in the Golden Horn, which is in the effect of big metropolis of Istanbul. Coliform group of bacteria are considered as indicative microorganisms in the marine environment. This study was carried out by sampling monthly of ten stations between June 2012 - May 2013. In addition to coliform group bacteriological analysis and monthly distribution at stations; simultaneously temperature, salinity, the disc bench, dissolved oxygen and oxygen saturation were measured. Thus, environmental factors that affect the indicator bacteria in the sampling stations were attempted to identify. Eight of selected working stations are determined as a result of previously performed scientific investigations. In addition to the stations of the estuary surface waters, the ninth and tenth stations were selected in Alibeyköy and Kâğıthane Creeks, with the aim to reveal the negative effects of the creeks. During rainy days, polluted storm flow and some domestic wastewater overflowing from sewers are discharged to the estuary. Those water adversely affect water quality in the estuary. Coliform measurements and also other parameters reflect this negativity. As a result of the measurements, it is seen that from Galata Bridge on the Golden Horn estuary towards inland surface water, coliform group of bacteria is increasing in 100 ml sample volumes.

**Key words:** coliform bacteria, golden horne, secci disc, dissolved oxygen

## HALİÇ YÜZEV SUYUNDA KOLİFORM BAKTERİ DAĞILIMI VE ÇEVRESEL FAKTÖRLERİN ETKİSİ

**ÖZET:** Bu çalışmada İstanbul metropolü etkisi altında kalan Haliç yüzey sularının koliform grubu bakteriler açısından mevsimsel olarak incelenmesi amaçlanmıştır. Koliform grubu bakterilerin denizel ortamda kirliliğin göstergesi olarak kabul edilmektedir. Bu çalışma on istasyonda, Haziran 2012 - Mayıs 2013 tarihleri arasında bir yıl boyunca aylık yüzey suyu örneklemeleri yapılarak gerçekleştirilmiştir. Bakteriyolojik kirlilik indikatörü olarak seçilen koliform grubu bakterilerin istasyonlardaki aylık dağılım ile birlikte, eş zamanlı olarak sıcaklık, tuzluluk, seki diski, çözünmüş oksijen ve oksijen



doygunluk yüzdeleri ölçülmüştür. Böylece örnekleme yapılan istasyonlarda koliform grubu bakterilerin varlığına etki eden çevresel faktörler tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışma istasyonu olarak seçilen ilk sekiz istasyon, daha önce yapılan çeşitli bilimsel araştırmalar ışığında belirlenmiştir. Bunlara ek olarak Haliç yüzey sularına olumsuz etkilerini ortaya koyabilmek amacıyla Alibeyköy Deresi ile Kâğıthane Deresi dokuzuncu ve onuncu istasyonlar olarak seçilmiştir. Yağlısı havalarda Haliç havzasında oluşan yüzey suyu ile bu süreçte atık su kanallarından taşan evsel atık sular Haliç'e deşarj olmaktadır. Yaşanılan bu süreçte Haliç'in su kalitesi olumsuz yönde etkilenemektedir. Yapılan koliform ölçüm sonuçları ile diğer parametrelerdeki kaymalar da bu olumsuzluğu yansıtmaktadır. Sonuç olarak Haliç'te Galata Köprüsünden iç kesimlere doğru gidildikçe Haliç yüzey suyunun 100 ml'sindeki koliform grubu bakterilerin sayısal değerinin arttığı Haliç'in insan kaynaklı bakteriyolojik kirlilik altında olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar sözcükler:** koliform bakteri, haliç, seki diski, çözünmüş oksijen.



## DETERMINATION OF THE DISTRIBUTION OF *Escherichia coli* WITH COLILERT TEST METHOD IN GOLDEN HORN SURFACE WATER

Hurrem BAYHAN

Yıldız Technical University Faculty of Civil Engineering Department of Environmental Engineering

[hurrembayhan@gmail.com](mailto:hurrembayhan@gmail.com)

Gokhan Onder ERGUVEN

Munzur University Faculty of Engineering Department of Environmental Engineering

[gokhanondererguven@gmail.com](mailto:gokhanondererguven@gmail.com)

Sarper KESİM

Yıldız Technical University Faculty of Civil Engineering Department of Environmental Engineering

[sarperkesim@gmail.com](mailto:sarperkesim@gmail.com)

**ABSTRACT:** In this study, it was aimed to examine Golden Horn surface waters under the influence of Istanbul metropolis in terms of Escherichia coli (E. coli) with colilert-18 test method seasonally. Escherichia coli is a bacterial species from fecal coliform group that shows fecal contamination. So it is important that the presence of the fecal contamination in the receiving environment expresses the certainty of contamination. This study is performed in ten stations for one year between June 2012-May 2013 with monthly sampling. The temperature and salinity values of surface water were also measured simultaneously with the distribution of E. coli on a monthly basis. The first eight sampling stations were identified in the light of various scientific researches that have been done before. In addition to these, Alibeykoy Stream and Kagithane Stream were selected as additional stations in order to bring negative effects on surface water of the Golden Horn. In case of rainy weather, the surface waters formed in the Golden Horn are discharged to the Golden Horn by the wastewater that has flowed from the waste water channels. In this process, the water quality of the Golden Horne is affected negatively. The results of E. coli measurements and the shifts in other parameters also reflect this negativity. As a result, the numerical value of E. coli in 100 ml of surface water is increasing from the Galata Bridge in Golden Horn to the inner part.

**Key words:** Golden horn, Escherichia coli, Colilert-18, Fecal contamination.

## HALİÇ YÜZEVİ SUYUNDA *Escherichia coli* NİN KOLİLERT TEST YÖNTEMİ İLE DAĞILIMININ BELİRLENMESİ

**ÖZET:** Bu çalışmada İstanbul metropolü etkisi altında kalan Haliç yüzey sularının Escherichia coli (E. coli) açısından kolilert-18 test metodu ile mevsimsel olarak incelenmesi amaçlanmıştır. Escherichia coli dışkı kaynaklı kirlenmeyi gösteren fekal koliform grubundan bir bakteri türüdür, dolayısıyla alıcı ortamda bunun varlığı dışkı kaynaklı bir kirlenmenin kesinliğini ifade etmesi açısından önemlidir. Bu çalışma on istasyonda, Haziran 2012-Mayıs 2013 tarihileri arasında bir yıl boyunca aylık örneklemle yapılarak



gerçekleştirilmiştir. E.koli aylık olarak istasyonlardaki dağılımıyla birlikte, eş zamanlı olarak yüzey suyunun sıcaklık, tuzluluk değerleri de ölçülmüştür. Çalışma istasyonu olarak seçilen ilk sekiz istasyon, daha önce yapılan çeşitli bilimsel araştırmalar ışığında belirlenmiştir. Bunlara ek olarak Haliç yüzey sularına olumsuz etkilerini ortaya koyabilmek amacıyla Alibeyköy Deresi ile Kağıthane Deresi ilave istasyonlar olarak seçilmiştir. Yağışlı havalarda Haliç havzasında oluşan yüzey suyu ile bu süreçte atık su kanallarından taşan evsel atık suları Haliç'e deşarj olmaktadır. Yaşanılan bu süreçte Haliç'in su kalitesi olumsuz yönde etkilenemektedir. Yapılan E. coli ölçüm sonuçları ile diğer parametrelerdeki kaymalar da bu olumsuzluğu yansımaktadır. Sonuç olarak Haliç'te Galata Köprüsünden iç kesimlere doğru gidildikçe Haliç yüzey suyunun 100 ml'sindeki E. coli'nin sayısal değeri artmaktadır.

**Anahtar sözcükler:** Haliç, Escherichia coli, Kolilert-18, Fecal coliform



## A QUALITY COMPARISON BETWEEN IMAGE SECURING METHODS USING GUI

Awab Karamanji.  
[awabkaramanji@gmail.com](mailto:awabkaramanji@gmail.com)

Sema KAYHAN  
[skoc@gantep.edu.tr](mailto:skoc@gantep.edu.tr)

Department of Electrical and Electronics Engineering, University of Gaziantep,  
27310 Gaziantep-TURKEY

**ABSTRACT:** Reversible data hiding has currently become an advanced research topic. The characteristic of its major is that impossible to affecting on the images quality. Therefore, the extensively method is known as image-Data hiding, in this process hiding an important information by establishing on different image (cover image) to provide security and only the authorize person can extract the original information from the embedding data According to previous studies, the two algorithms have been implemented by using MATLAB/ M-file. As well as proposed an interfaces applications for the conducted algorithms the graphical user interface (GUI) has been used to create these applications. Eventually, an image quality comparison has been applied from point of view peak signal to noise ratios (PSNRs) after embedding data.

**Key words:** Embedding capacity maximization, Histogram, PSNR, Reversible data hiding

### INTRODUCTION

An essential technique for authentication, annotation, and copyright protection are Data [1] .In the past , a lot of types of data hiding algorithms have improved, such as the least significant bit plane (LSB)-based algorithm[2, 3 ,4 ,5 ] the spread-spectrum-based data hiding algorithm [6,7,8,9,10,11] the singular value decomposition (SVD)-based algorithm [12, 13, 14, 15] and the vector quantization (VQ)-based scheme [16, 17] Among these modern data hiding algorithms, the hiding data can be inserted inside images without causing visual degradation. However, when the main image has been modified by the data hiding algorithm, there is difficulty to receive the primary image from the marked one .when the first image will be taken by the receiver. In order to invert the marked image back to the primary one , may be some of reversible data hiding algorithms have up to date to achieve the overturned goal for the marked image is introduced the first reversible algorithm [18] to insert data inside gray images. By using the lossless several resolution transform, Macq and Dewey and [19] decomposed the primary image inside several sub bands and applied modulo 256 addition to insert data inside these decomposed sub bands. Celik et al. [20] quantized gray values and then to use the predicting coding. We can insert compressed residuals and the hiding data inside the LSB of the primary image. In the data extracting process, the primary image can be taken a gain by adding decompressed quantization residuals inside quantized gray values in the marked image. Chang et al. [21] the reversible "data hiding algorithm" established on the predictive coding. It is known that in the data embedding procedure, the predictive coding starts performing to predict the

gray value of each pixel, and after that, the hiding data could be inserted by changing the predicted gray values. In the data extracting process, it is known that predictive coding is carried out again to take the inserted data and restore the primary gray value of each pixel. There are 4 reversible data hiding algorithms [20, 21] which have a higher fixing capacity. PSNRs is stand for the primary image and the marked one and they are Brocken down and at the same time are time-consuming. Recently, Ni et al. [22] introduced a new reversible data hiding algorithm which is centered on the histogram modification technique. By Using the greedy way, the histogram of the primary image is the first segmented inside several non-overlapped intervals and for each one is bounded by a peak-valley pair. Next, the rest is order as the following. In Section 2: the reversible data hiding algorithms are surveyed. In Section 3, our proposed MATLAB (GUI) programming-based algorithm is presented to maximize the embedding capacity of Ni et al.'s algorithm. As well as in this section, some experiments are carried out to demonstrate the advantage of our proposed interface applications.

### 1. Chung's. Algorithm'

Based into [23], in Ni et al.'s algorithm, the data is inserted inside the original image by little modifying its histogram. Supposed that we have a main image  $I$  and its histogram  $H(I)$  ( $I$ ) is shown in Figure. 1a. let  $h(x)$  denote the number of pixels with gray value  $x$   $\in [0, 255]$ . In Figure. 1a, it can be observed that the gray value  $p$  is the peak point in  $H(I)$  since  $h(p) > h(x)$  for all  $x \neq p$ ; that is,  $p$  is the most frequent gray value appeared in the original image  $I$ . In addition, gray value ( $v$ ) is the valley idea in

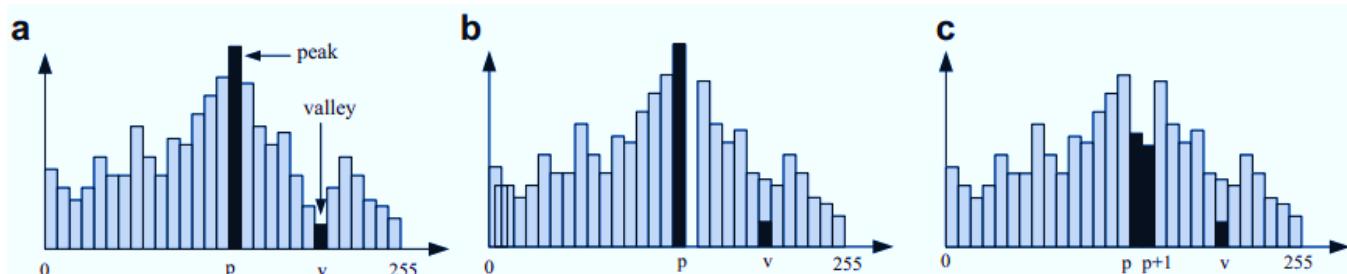


Figure. 1 main point in Ni et al.'s algorithm. (a) A histogram illustration with only one peak point and one valley point. (b) Shift the interval  $(p, v)$  to the right side by one unit. (c) Embedding the data inside the positions with gray levels  $p$  and  $p + 1$

$H(I)$  since  $h(v) < h(x)$  for all  $x \neq v$ . From the histogram  $H(I)$  and the peak-valley pair  $(p, v)$  the hiding data, represented by the binary string  $B_h$ , can be inserted inside the original image  $I$  by the following embedding procedure:

If  $h(v) > 0$ , the positions of pixels with gray value  $v$  are transformed inside a binary string  $B_v$  and then the hiding data  $B_h$  and  $B_v$  are combined to form a new binary string  $B_0h$  the binary string  $B_v$  contains the overhead information for recovering the original image from marked one.

If  $p < v$ , shift the rectangular bars corresponding to the gray values within the interval  $[p + 1, v - 1]$  in the histogram to the right by one unit by adding one to gray values of the pixels with gray values within  $[p + 1, v - 1]$  (see Figure. 1b). If  $p > v$ , shift the rectangular bars corresponding to the gray values within  $[v + 1, p - 1]$  in the histogram to the left by one unit by subtracting one from the gray values of the pixels with gray values within  $[v + 1, p - 1]$ .



Scan the original image to select the pixels with gray value  $p$  to embed  $\mathbf{B}'_h$ . For each selected pixel, its gray value remains  $p$  when the corresponding inserted bit in  $\mathbf{B}'_h$  is 0 and is modified to  $p + 1$  (or  $p - 1$ ) when the corresponding inserted bit is 1 for the case of  $p < v$  (or  $p > v$ ) (see Figure. 1c). From the above three steps, we can embed  $[\mathbf{h}(v) - \mathbf{OB}_v]$  bits of hiding data inside the peak-valley pair  $(p, v)$  where  $\mathbf{OB}_v$  denotes the number of bits required in the binary string  $\mathbf{B}_v$ . The condition  $[\mathbf{h}(v) - \mathbf{OB}_v > 0]$  holds because  $\mathbf{h}(p)$  is usually much larger than  $\mathbf{h}(v)$ , the upper binds the mean square error (MSE) between the main image and the marked image was 1, The PSNR lower bound of Ni et al.'s algorithm is  $48.13 (= 10 \log_{10} \frac{255^2}{1^2})$  and it has more altitude than these of all existing reversible data hiding algorithms. Given a marked image, the following extracting procedure can be used to extract the hidden data and reverse the marked image back to the original one:

Scan the marked image in the same order used in the embedding process. For each pixel examined, a bit **0** is extracted if the gray value is  $p$  and a bit **1** is extracted if the gray value is  $p + 1$  (or  $p - 1$ ) for the case of  $p < v$  (or  $p > v$ ). After examining all pixels, a binary string  $\mathbf{B}'_h$  can be obtained to retrieve the hiding data string  $\mathbf{B}_h$  and the overhead information string  $\mathbf{B}_v$ .

Scan the marked image again. For the case of  $p < v$  (or  $p > v$ ), decrease (or increase) the gray values of the pixels with gray values within  $[p+2, v]$  ( $[v, p, 2]$ ).

Transform the above information string  $\mathbf{B}_v$  to put the corresponding pixel positions. Reset the gray value from each located pixel to  $(v)$  to get back the original image. Naturally, the inserting capacity could be supported by studying more than one peak-valley pair for inserting the hiding data. For the original image  $I$ ,  $n$  valley points  $V_1, V_2, \dots, V_n$ , where  $0 < v_1 < v_2 < \dots < v_n < 255$ , are first selected from the histogram  $H(I)$ . Since the two gray values **0** and **255** are not used in Ni et al.'s algorithm, we let  $V_0$  and  $V_{n+1}$  denote two pseudo valley points where  $V_0 = 0$  and  $V_{n+1} = 255$  for easy exposition; the two pseudo valley points are only used for explaining the peak-valley pair selection, instead of constructing the peak-valley pairs. In practical implementation, for each valley point  $v_i$ ,  $0 < i < n + 1$ , one of the two conditions  $\mathbf{h}(p_i) - \mathbf{h}(v_i) * Ovi > 0$  and  $\mathbf{h}(p_{i+1}) - \mathbf{h}(v_i) * Ovi > 0$  must be held where  $p_i$  and  $p_{i+1}$  denote two peak points in the intervals  $(V_{i-1}, V_i)$  and  $(V_i, V_{i+1})$ , respectively;  $Ovi$  is the number of bits needed for recording the position of each pixel with gray value  $v_i$  and it is defined by  $O_{vi} = \log_2(\max(W, H)) \times 2$  where  $W$  and  $H$  is the width and height of the input image. According to the following peak-valley pair selection procedure,  $n$  peak-valley pairs,  $\mathbf{h}_{p1}, V_{1i}, \mathbf{h}_{p2}, V_{2i}, \dots, \mathbf{h}_{pn}, V_{ni}$ , can be determined in a greedy way to satisfy the memory requirement for the hiding data  $B_h$  and the overhead information string  $\mathbf{B}_v$ :

**Step one;** For two intervals  $(V_0, V_1)$  and  $(V_n, V_{n+1})$ , select two gray values  $p(1)(0)$  and  $p(n)(n+1)$ .  $v0 < p(1)(0) < V_1$  and  $V_n < p(n)(n+1) < V_{n+1}$ , as two peak points.

**Step two.** For each interval  $(V_i, V_{i+1})$ ,  $1 < i < n$ , select two gray values  $p(i)(i+1)$  and  $p(i+1)(i)$ ,  $v_i < p(i)(i+1) < p(i+1)(i) < V_{i+1}$ , as two peak points.

**Step three;** For each  $V_i$ ,  $1 < i < n$ , if  $\mathbf{h}(p(i)(i+1)) > \mathbf{h}(p(i+1)(i))$ , set  $p_i = p(i)(i+1)$ ; otherwise, set  $p_i = p(i+1)(i)$ . Consequently,  $n$  peak-valley pairs  $\mathbf{h}_{p1}, V_{1i}, \mathbf{h}_{p2}, V_{2i}, \dots, \mathbf{h}_{pn}, V_{ni}$  are determined. After obtaining  $n$  peak-valley pairs, running the embedding procedure on each peak-valley pair can embed the hiding data  $\mathbf{B}_h$  and the overhead information  $\mathbf{B}_v$  inside the original image. Similarly, applying the extracting process to each peak-valley pair can retrieve the hiding data  $\mathbf{B}_h$  and recover the original image.

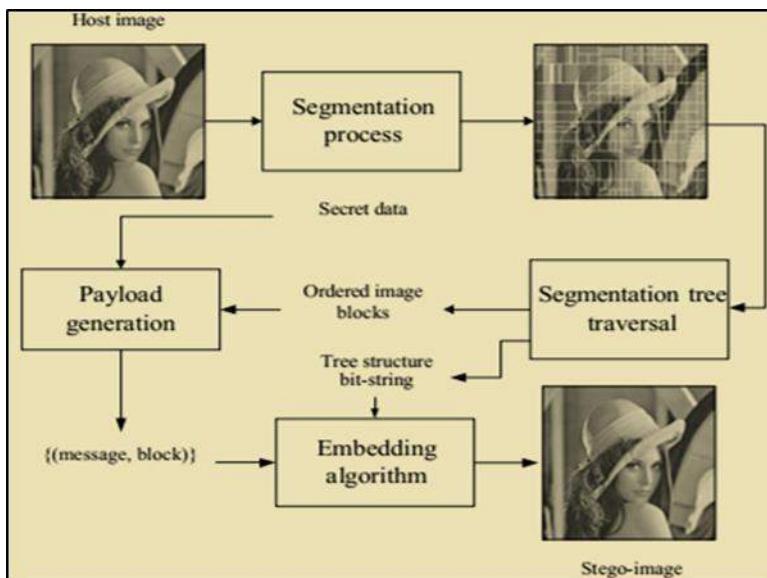
1.2 Lin, Y.et, al algorithm



The Lin, Y.et, al algorithm is well documented in the literature [24]. Here only a short review on the proposed data hiding scheme to lay the foundation for the next sections .The Figure 2 give an explanation about the components that comprise the proposed data hiding scheme. Assuming that the host- image  $\mathbf{I}$  is an 8-bit two-dimensional matrix of integers sized  $N$  by  $N$ . As shown in Figure 2, the host image is first partitioned inside different sized non-overlapped blocks using a decision tree (or hierarchical) segmentation approach. Since these image blocks are organized as a segmentation tree structure and only those leaf nodes of the segmentation tree are employed for hiding data, the tree traversal procedure would sort all of the leaf nodes inside an ordered sequence of image blocks and represents the structure of segmentation tree using a string of binary symbols.

The payload generation process takes the ordered sequence of image blocks and the secret data as input and transforms them to another sequence of pairs of message and block, where each message entity contains one part of the secret data and associated overhead data that are allocated to be inserted in the corresponding image block. The embedding algorithm uses the histogram shifting scheme to embed each message entity to its corresponding image block, and reconstructs the inserted image (called stego-image) according to the information of tree structure bit-string in order to guarantee the reconstruction of segmentation tree at the receiver end, the tree structure bit-string is also inserted using histogram shifting in the stego-image. In this algorithm the input image is denoted as  $\mathbf{b}_{N \times N}$ .

The host image is first partitioned inside different sized blocks in a quad-tree manner. The quad-tree structure is used to represent this partition process, where  $\mathbf{b}_{(x, z_x)}$  represents the  $z_x$ -th block at the  $x$ -th level of the quad-tree structure. Some attributes of each block  $\mathbf{b}_{(x, z_x)}$  are needed in the proposed algorithm and defined as follows;  $n(x, z_x)$  : Binary variable indicates whether  $\mathbf{b}(x, z_x)$  has been partitioned or not. Set  $n(x, z_x) = 1$  if  $\mathbf{b}(x, z_x)$  is decided to be divided; otherwise,  $n(x, z_x) = 0$ .  $h(x, z_x)$  : Histogram function that is computed according to block  $\mathbf{b}(x, z_x)$ .  $c(x, z_x)$  : Hiding capacity function derives from  $h(x, z_x)$ . This information set would be generated by the quad tree segmentation and payload generation component as that shown in Figure 2. The maximum and minimum points in those embeddable blocks  $\mathbf{b}(x, z_x)$  and the bit string  $n(x, z_x)$  for all possible  $x$  and  $z_x$  are made of the overhead message. They are required to be inserted along with the secret data provided by the users inside the input image for supporting the exact recovery of input image from the stage-image in the later extraction operation



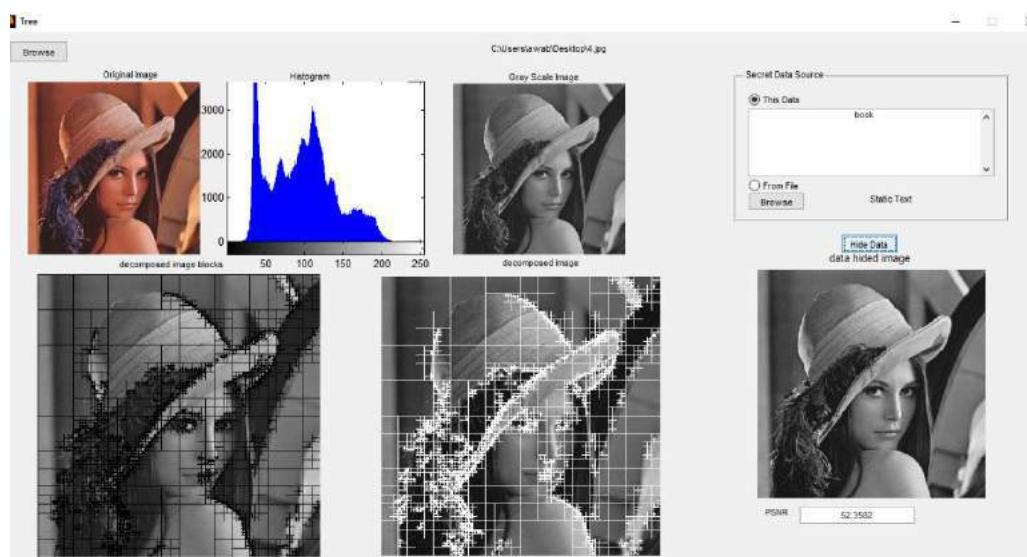
**Figure 2. Flowchart of data hiding process. [24]**

### **Experimental Results**

Test images of **512×512×8** grayscale are used in experimenting for the proposed interface applications of data hiding algorithms. In Figure 3, we show our test images. Figure 4(a) show the proposed interface application of "**Lin, Y.et, al algorithm**", also in same figure (b) show the proposed interface application of "**"Chung's.' algorithm**" with test image "**Lenna**" and its marked images inserted with secret data "**book**", also we can see the histograms before and after watermarking the image. In order to demonstrate the changes of image quality after inserted secret data. In table1 shown the peak signal to noise ratios (PSNRs) for "**Lin, Y.et, al**" and "**Chung's.'** Algorithms. In Figure 5 we show the (PSNRs) histogram comparison between "**Lin, Y.et, al**" and "**Ni et al.'s**" algorithms. Each images inserted with secret data "**book**". The results in Figure13 and 14 show the Chung's method [23] that employs dynamic programming approach is good but it needs more execution times and only has significant improvement on the sort of map images. **The "Lin, Y.et, al algorithm ", has** advantageous properties: Be able to provide more capacity than other methods. Retain a higher marked image quality at more than one pair of maximum and minim points. Be suitable for most kinds of image



**Figure 3. Experiment images**



(a)

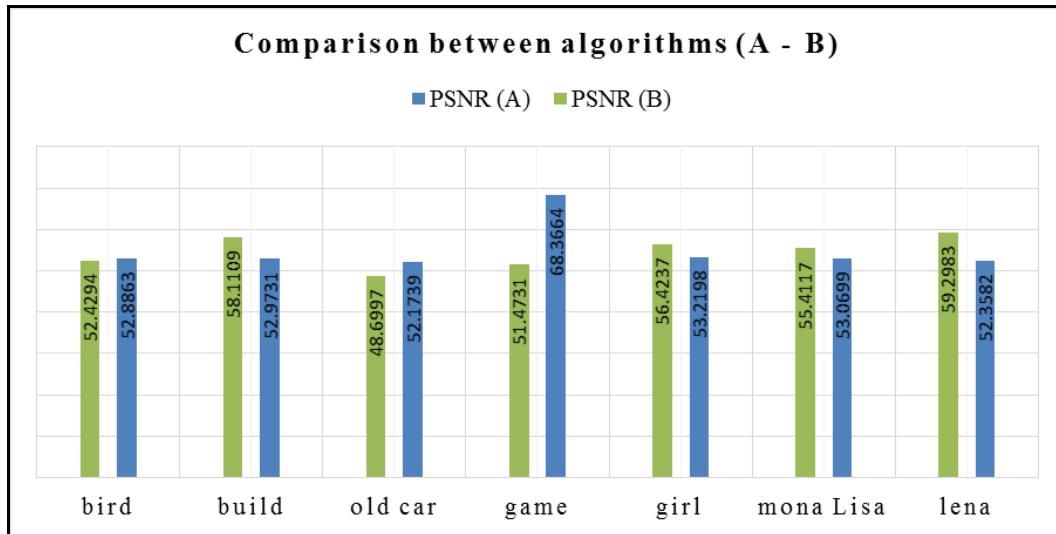


(b)

**Figure 4 (a) the proposed interface application of "Lin, Y.et, al algorithm" and (b) the proposed interface application of "Chung's.' algorithm" with test image "Lenna" and its marked images inserted with secret data "book"**

*Table 1. (A) PSNR for "Lin, Y.et, al algorithm ", (B) PSNR for "Chung's.' algorithm"*

Images	PSNR (A)	PSNR (B)
lena	<b>52.3582</b>	<b>59.2983</b>
mona	<b>53.0699</b>	<b>55.4117</b>
Lisa		
girl	<b>53.2198</b>	<b>56.4237</b>
game	<b>68.3664</b>	<b>51.4731</b>
old car	<b>52.1739</b>	<b>48.6997</b>
build	<b>52.9731</b>	<b>58.1109</b>
bird	<b>52.8863</b>	<b>52.4294</b>



**Figure 5. PSNR histogram comparison between (A) PSNR for "Lin, Y.et, al algorithm ", (B) PSNR for " Chung's.' algorithm" after inserted secret data "book"**

## CONCLUSION

This paper is a review which describes two different algorithms for Reversible Data Hiding. According to previous studies, the "Lin, Y.et, al " and "Chung's." algorithms have been implemented by using MATLAB/ M-file. As well as in this paper proposed an interfaces applications for the conducted algorithms the graphical user interface (GUI) has been used to create these applications. Eventually, an image quality comparison has been applied from point of view peak signal to noise ratios (PSNRs) after embedding data.

## ACKNOWLEDGEMENT

Add recommendations here. Add recommendations here. Add recommendations here. Add recommendations here. Add recommendations here. Add recommendations here. Add recommendations here. Add recommendations here.

## REFERENCES

- [1] I.J. Cox, M. Miller, J. Bloom, Digital Watermarking, Morgan Kaufmann, San Francisco, CA, 2001.
- [2] T.J. Chuang, J.C. Lin, W.H. Tsai, A new efficient approach to image hiding by digit number transformation, Pattern Recognition and Image Analysis 10 (3)(2000) 309–314.
- [3] J. Irvine, D. Harle, Data Communications and Networks: An Engineering Approach, Wiley, New York, 2002.
- [4] S.L. Li, K.C. Leung, L.M. Cheng, C.K. Chan, Data hiding in images by adaptive LSB substitution based on the pixel-value differencing, Innovative Computing, Information and Control 3 (2006) 58–61.
- [5] D.C. Wu, W.H. Tsai, Spatial-domain image hiding using image differencing, IEE Proceedings – Vision, Image and Signal Processing 147 (1) (2000) 29–37.



- [6] J. Cox, J. Kilian, T. Leighton, T. Shamoon, Secure spread spectrum watermarking for multimedia, *IEEE Transactions on Image Processing* 6 (12) (1997)1673–1687.
- [7] M. Gkizeli, D.A. Pados, M.J. Medley, Optimal signature design for spread-spectrum steganography, *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology* 16 (2) (2007) 391–405.
- [8] C.S. Lu, S.K. Huang, C.J. Sze, H.Y. Mark Liao, Cocktail watermarking for digital image protection, *IEEE Transactions on Multimedia* 2 (4) (2000) 209–224.
- [9] C.S. Lu, J.R. Chen, K.C. Fan, Real-time frame-dependent video watermarking in VLC domain, *Signal Processing: Image Communication* 20 (7) (2005) 624–642.
- [10] L.M. Marvel, C.G. Boncelet, C.T. Retter, Spread spectrum image steganography, *IEEE Transactions on Image Processing* 8 (8) (1999) 1075–1083.
- [11] A.Z. Tirkel, C.F. Osborne, R.G. Schyndel, Image watermarking—a spread spectrum application, in: Proceedings of the IEEE Fourth International Symposium on Spread Spectrum Techn. Applicat., vol. 2, December 1997, pp. 785–789.
- [12] C.C. Chang, P.Y. Tsai, M.H. Lin, SVD-based digital image watermarking scheme, *Pattern Recognition Letters* 26 (10) (2005) 1577–1586.
- [13] K.L. Chung, C.H. Shen, L.C. Chang, A novel SVD- and VQ-based image hiding scheme, *Pattern Recognition Letters* 22 (9) (2001) 1051–1058.
- [14] K.L. Chung, W.N. Yang, Y.H. Huang, S.T. Wu, Y.C. Hsu, On SVD-based watermarking algorithm, *Applied Mathematics and Computation* 188 (1) (2007)54–57.
- [15] R. Liu, T. Tan, An SVD-based watermarking scheme for protecting rightful ownership, *IEEE Transactions on Multimedia* 4 (1) (2002) 121–128.
- [16] C.C. Chang, G.M. Chen, M.H. Lin, Information hiding based on search-order coding for VQ indices, *Pattern Recognition Letters* 25 (11) (2004) 1253–1261.
- [17] M. Jo, H.D. Kim, A digital image watermarking scheme based on vector quantization, *IEICE Transactions on Information and System E85-D* (6) (2002)1054–1056.
- [18] C.W. Honsinger, P. Jones, M. Rabbani, J.C. Stoffel, Lossless recovery of an original image containing embedded data, US Patent 6,278,791, 2001.
- [19] B. Macq, F. Deweyand, Trusted headers for medical images, in: DFG VIII-DII Watermarking Workshop, Erlangen, \Germany, October 1999.
- [20] M.U. Celik, G. Sharma, A.M. Tekalp, E. Saber, Reversible data hiding, in: Proceedings of the IEEE International Conference on Image Process, vol. 2, September, 2002, pp. 157–160.
- [21] Chang, C. C., Lin, C. C., & Chen, Y. H. (2008). Reversible data-embedding scheme using differences between original and predicted pixel values. *IET Information Security*, 2(2), 35-46..
- [22] Ni, Z., Shi, Y. Q., Ansari, N., & Su, W. (2006). Reversible data hiding. *IEEE Transactions on circuits and systems for video technology*, 16(3), 354-362.
- [23] Chung, K. L., Huang, Y. H., Yang, W. N., Hsu, Y. C., & Chen, C. H. (2009). Capacity maximization for reversible data hiding based on dynamic programming approach. *Applied mathematics and computation*, 208(1), 284-292.
- [24] Lin, Y. C., & Li, T. S. (2011). Reversible Image Data Hiding Using Quad-tree Segmentation and Histogram Shifting. *Journal of multimedia*, 6(4), 349-358.



## APPLICATION OF RESPONSE SURFACE METHODOLOGY TO MALACHITE GREEN REMOVAL FROM WASTEWATER USING *CORIOLUS VERSICOLOR*

Mehtap TANYOL

Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Munzur University,  
62000 Tunceli, Turkey  
mtanyol@munzur.edu.tr

Sule Yuksel TATAR

<sup>1</sup>Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Munzur University,  
62000 Tunceli, Turkey  
sytatar@munzur.edu.tr

Nuran CIKCIKOGLU YILDIRIM

<sup>1</sup>Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Munzur University,  
62000 Tunceli, Turkey  
nurancyildirim@gmail.com

Numan YILDIRIM

<sup>1</sup>Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Munzur University,  
62000 Tunceli, Turkey  
numanyildirim44@gmail.com

Osman SERDAR

<sup>2</sup>Munzur University, Fisheries Faculty, Tunceli, Turkey  
osmserdar@gmail.com

Malachite green is a type of basic dyes. These dyes have carcinogenic, mutagenic, and genotoxic effects on aquatic organisms. For this reason, wastewaters containing malachite green must be treated before discharged to aquatic environment.

This work investigates the treatment of the malachite green from the aqueous solution in a batch reactor using adsorbent prepared from *Coriolus versicolor*. Parameters that affected the removal of malachite green of the wastewater with an initial malachite green concentration from 0.1 mg/L to 0.6 mg/L, a reaction time from 2 minute to 45 minute, and a adsorbent dosage ranging from 0.01-0.08 mg/100 mL were examined. The optimum conditions were determined using central composite design method, which is one of the response surface methodologies. The malachite green removal yield was 70% under optimum conditions. After analysis of variance (ANOVA), the determination coefficients of the models was  $R^2$  96.30% showing that the quadratic models were a good fit and of high significance.

Results show that *Coriolus versicolor* can be proposed as an available adsorbent for the malachite green removal.

**Keywords:** Malachite green, response surface methodology, *Coriolus versicolor*, adsorption



## SAUDI ARAMCO ENERGY MANAGEMENT PROGRAM - DEVELOPMENT & IMPLEMENTATION

**Bader Al-Tuwayrish**

**Bader.Altuwayrish@aramco.com**

**ABSTRACT:** Energy has become one of the top global discussion subjects. It contributes to the success of organizations and nations, and keeps industry moving. Past history and future forecasts illustrate the rapid increase in energy demand globally. Due to increasing internal demand on energy in the Kingdom of Saudi Arabia, societal expectations for comprehensive approaches on energy efficiency have been forced into focus. In this matter, it has long been recognized that the industrial, power and transportation sectors are key contributors to the intensive utilization of natural resources; the demand from the growing population has overwhelmed current capacity. It is inevitable; therefore, Saudi Aramco and its subsidiaries are now participating in on-going efforts to conserve energy, and do so in a sustainable manner for the sake of future generations. Saudi Aramco's Energy Management Program (EnMP) was established back in 2000. In the beginning, the EnMP implementation at the organization level (site EnMP) was quite limited and showed slow progress as energy efficiency was not the top priority of many Saudi Aramco's organizations. With strong governance push, finally, EnMP has been embedded as one of the company's critical processes with newly introduced Operational Excellence (OE) programs in early 2013. Subsequently, the implementation pace of site EnMP has drastically increased. Within less than three years, the progress of company-wide site EnMP implementations has boosted to 95% towards the 2016 year end, and many departments have scored full marks on their EnMP assessment. Energy saving has reached up to a very significant amount as a result of implementing operational, quick fix as well as nominal capital investment in energy efficiency initiatives. Since inception of EnMP as one of OE processes by Saudi Aramco organizations over the past three years, annual energy savings exceeding 10 thousands per day of oil equivalent (MBOE/D), which represents 3 to 4 percent in annual reduction of the company' energy consumption. This energy saving is also translated into tremendous reduction of Green House Gas (GHG) emissions over tens of millions tons. Hence, Saudi Aramco Energy Management Program is proved to be a successful corporate initiative with full support from top management.

**Key Words:** Energy, Management, Aramco, Saudi



## EARTHQUAKE ANALYSIS OF 12-STORY BUILDING CONSIDERING BUILT ON THREE TYPE OF SOIL INCLUDE EFFECT OF SOIL STRUCTURE INTERACTION

Bakhtyar saleh AHMMAD

Gaziantep University, [bakhtiar985@yahoo.com](mailto:bakhtiar985@yahoo.com), +905392325614

**ABSTRACT:** The consideration interaction between structure, foundation and soil under the foundation for analysis and design of the structure change the actual behavior of the structure than earn from the consideration of the structure only. Soil-structure-interaction has been a major topics in researchers of structural and earthquake designer engineering since it is closely related to the safety evaluation of many important super structure engineering projects, In the typical and traditional design practice all will assume that structures are fixed base but in real built on flexible area, soil under foundation is flex and capable to cause structure for motion, special during earthquake exciting. In the presented study the property of (12) real storey building is modeled under four type of different soil, first fix base model. Second very dense soil that shear wave velocity are equal ( $V_s=500$  m/sec). Third medium soil stiffness that shear wave velocity are equal ( $V_s=250$  m/sec), fourth weak soil that shear wave velocity are equal ( $V_s=120$  m/sec). Finite Element Method is used to model soil-structure-interaction, apply strong earthquake record for the structure and analysis linear dynamic of structures by numerical software engineering program SAP 2000 Version number 19. The main objective of this research is to investigate the influence , effect and behavior for interaction between structure and soil that build on it during earthquake exciting, and deal with new phenomena of design include soil-structure-interaction and compare with conventional design (fix bass design) by determine (i) displacement, (ii) drift between storey floor, (iii) maximum shear force, (iv) maximum bending moment, for fix base design theory and soil-structure-interaction consideration for different type of soil.

**Key words:** Soil structure interaction; earthquake; shear wave velocity; finite element method; SAP2000

## INTRODUCTION

### 1 introduction

Generally, conventional seismic design and analysis practice does not take into account the flexibility of the foundation and adjacent soil. The foundation and the superstructure are typically designed as two independent systems, and the superstructure is constrained at the bottom. As a consequence, the evaluated seismic performance of the building only depends on the superstructure. This method is simple and convenient, but the dynamic characteristics and seismic performances of buildings without considering the flexibility of the foundation and adjacent soil may be significantly different from those of the actual buildings, which may lead to an unsafe design (Mylonakis and Gazetas, 2000), also Soil–structure-interaction includes a set of mechanisms accounting for the flexibility of the foundation support beneath a given Structure, and resulting in altering the ground motion in the vicinity of the foundation compared to the free-field. It determines the actual loading



experienced by the soil–structure system resulting from the free field seismic ground motions. The seismic excitation experienced by structures is a function of the earthquake characteristics, travel path effects, local site effects, and soil–structure interaction (SSI) effects (Kobayashi and Midorikawa, 1986).

The main objective of this research is to investigate the influence, effect and behavior for interaction between structure and soil that build on it during earthquake exciting, and deal with new phenomena of design and compare with conventional design (fix base design) by determine (i) displacement, (ii) drift between storey floor, (iii) maximum shear force, (iv) maximum bending moment for fix base design theory and soil-structure-interaction for different type of soil, (very dense soil, medium dense soil, and loose soil), considering linear dynamic analysis.

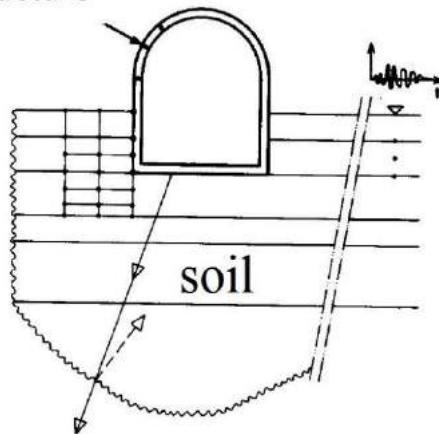
## **METHODOLOGY AND MATERIALS**

Methods that can be used to evaluate the above effects can be categorized as direct and substructure approaches. First direct analysis, the soil, and structure are included within the same model and analyzed as a complete system. Second substructure approach, the SSI problem is partitioned into distinct parts that are combined to formulate the complete solution. (NIST, GCR, 2012) In this research just investigate S.S.I considering direct method.

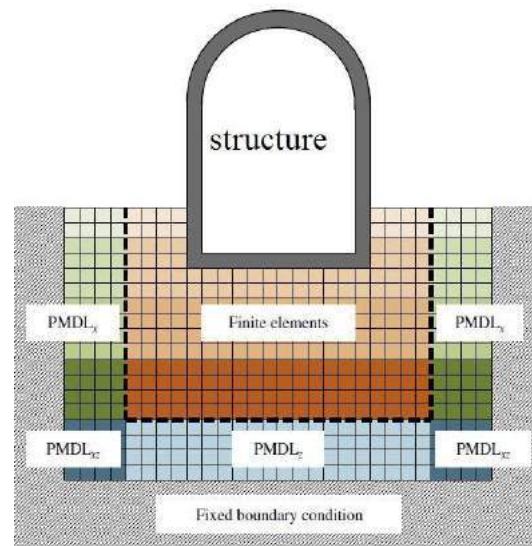
### **2.1 Direct Analysis**

As schematically depicted in (Fig. 1) the soil is often represented as a continuum (e.g., finite elements) along with foundation and structural elements, transmitting boundaries at the limits of the soil mesh, and interface elements at the edges of the foundation. Evaluation of site response using wave propagation analysis through the soil is important to this approach. Such analyses are most often performed using an equivalent linear representation of soil properties in the finite element, finite difference, or boundary element numerical formulations. (Wolf, 1985; Lysmer et al., 1999). Direct analyses can address all of the SSI effects described above, but the incorporation of kinematic interaction is challenging because it requires specification of spatially variable input motions in three dimensions. Because direct solution of the SSI problem is difficult from a computational standpoint, especially when the system is geometrically complex or contains significant nonlinearities in the soil or structural materials. Three-dimensional finite element discretization of the entire coupling system including the soil domain, the foundation and the superstructure at the same time. This procedure is often referred to as a direct method of analysis. The solution is achieved in two steps. The first step is the modification of stipulated free-field ground motion for the driving base-excitation, which is referred to as the site response analysis. The second step is the modification of the model with the transmitting boundaries (also referred to as silent boundaries) which are used to eliminate reflection of outgoing waves traveling from near-field to far-field soil domain (Mengi, 2002).

**structure**



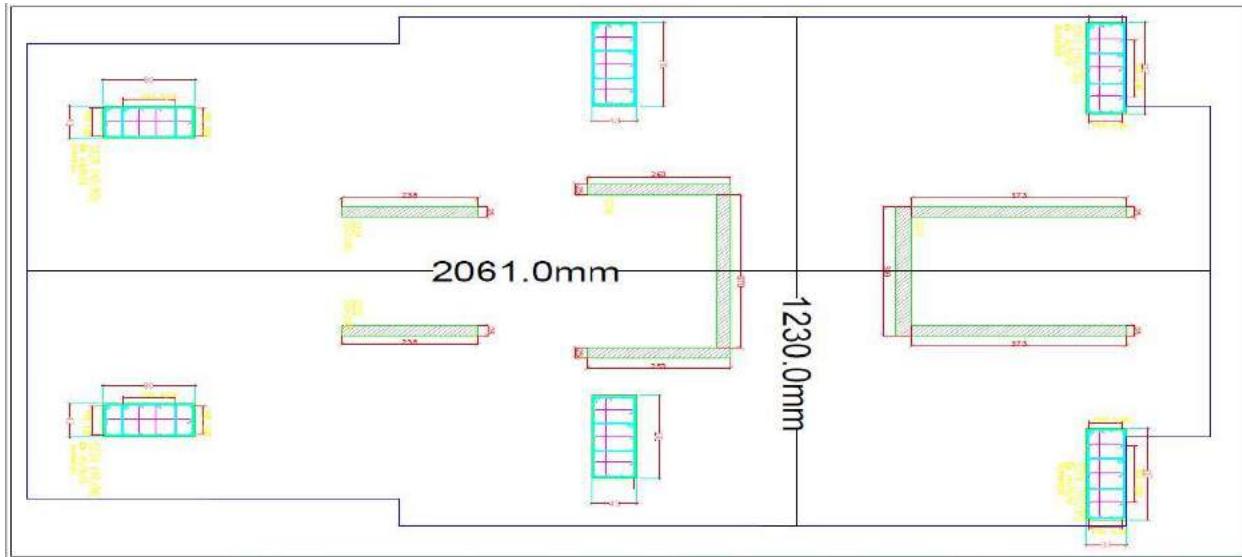
**Figure (1) (a) fundamental object of analysis soil-structure-interaction (wolf, 1985)**



**Figure (1) (b) Direct Analysis (finite elements) S.S.I  
(Lee, et al. 2014)**

## 2.2. Description of 12 store reinforcement concrete building

Structure is a real residential 12 floor reinforcement concrete building consist mat foundation, column, beam, shear wall and slab design by Eurocode standard ( EN 1993 -1-1 PER EN 10025-2 ) , compressive strength of concretes are ( FC = 30 Mpa) and tensile strength of steel (FY= 420 MPA) Mat foundation is (20.6 \* 12.3 \* 1) M, length, width and depth respectively , 6 number of column with average cross section dimension (90 \* 40) cm, with three shear wall box for lift and stair and different cross section of beam, contain { ( 80 \* 40 ), ( 60 \*40 ) , ( 50 \* 40 ) , ( 50 \* 40 ) ( 15 \* 40 ) } cm illustrate in (Fig. 2 ), height of each floor equal (3.23m), total length of building equal (38.76m). From Concrete Frame Design Manual Eurocode 2-2004 With Eurocode 8-2004 For SAP2000 show property in (Table - 1)



**Figure (2) first floor plane illustrate location of column and shear wall on the raft mat foundation**

*Table (1) property of material used to build structure*

Type of section	Section (length*width*height) ( m )	Poisson ratio $\nu$	Density $\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	Modulus of elasticity	Shear modulus
Mat foundation	20,6 * 12.3 * 1	0.2	25	33000000	13750000
Column	0.90 * 0.40 * 3.23	0.2	25	33000000	13750000
Shear wall	0.23 * 2.50 * 3.23	0.2	25	33000000	13750000
Steel (reinforcement)	-	0.3	77	21000000	80769231

### 2.3 Different type of soil investigated in this research.

The Caltrans Seismic Design Criteria classifies sites based on shear wave velocity VS of the top 30 m of the soil profile (VS30). For site classification, VS30 is calculated as the time for a shear wave to travel from a depth of 30 m to the ground surface, not the arithmetic average of VS to a depth of 30 m. As shown in (Eq. 1), the time-averaged VS30 is calculated as 30 m divided by the sum of the travel times for shear waves to travel through each layer. The travel time for each layer is calculated as the layer thickness (d) divided by VS. (Wair, DeJong, 2012),

$$VS30 = 30 / \sum (d/VS) \quad \dots \quad (\text{Eq.1})$$

Where (d = depth of soil layer, Vs=shear wave velocity)

The shear modulus have been calculated using the equations of (Eq.2)



$$G_{\max} = \rho(V_s)^2 \quad \dots \dots \dots \text{ (Eq.2)}$$

Where ( $\rho$ =density,  $V_s$ =shear wave velocity)

And the elasticity modulus have been calculated using the equations of (Eq.3)

$$E_{\max} = 2(1+\nu)G_{\max} \quad \dots \dots \dots \text{ (Eq.3)}$$

Where ( $\nu$ = Poisson ratio)

*Table (2) Properties of three different type of soil under foundation of building*

Type of soil	Shear wave velocity (m/sec)	Poisson ratio $\nu$	Density $\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	Modulus of elasticity	Shear modulus
Hard ( very dense soil )	500	0.3	18	1192600	458692.3
Medium stiffness	250	0.35	16.5	283800	105111.11
Soft and loose	120	0.4	15	61600	22000

#### 2.4 Earthquake records (Time history)

The input ground motions in this research are represented by real seismic record at the outcropping bedrock. It was subjected to shaking event Altadena earthquake For the time history analysis of the 12 building storey concrete frame investigated, the strong ground motion record (Fig. 3) (recorded at station ID NO.24402) and station sequence number 339. with the coordinates hypocenter latitude (34.5981 deg.) , hypocenter longitude (-116.2645) which one of the strongest record Earthquakes resulting an intensive damage, in 1999, the magnitude equal (7.13 MW), The vertical component of strong ground motion of Earthquake that has the maximum acceleration equal (439 cm/sec<sup>2</sup>) was selected as the dynamic linear analysis (<http://peer.berkeley.edu/nga/index.html>, Pacific Earthquake Engineering Research Center) In this research only deal with behavior of earthquake motion on structure not investigate on different type of earthquake due to only this seismic motion that define above used to this study .

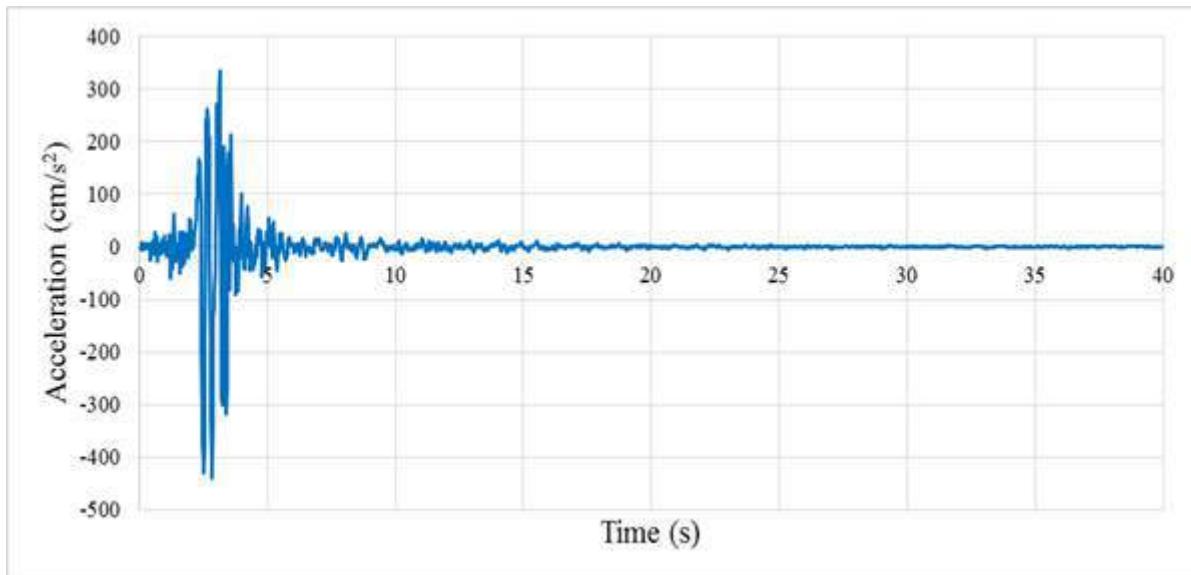


Figure 3 Altadena earthquake acceleration time period record

## 2.5 Modelling the building (structure)

The model is based on the real and exists design of the building as well as on a site, carried out to verify fundamental dimensions of structural elements. (Fig. 2) illustrate building plane show location of column and shear wall that build on the one-meter depth of raft mat foundation and. The model contains all elements with all specific and property that are considered to affect the structural behavior, such as reinforced concrete walls and slabs column and beam with foundation. Also include all dimension of cross-section, length, and height of all element with floor height. The non-concrete and non-structure such as floor tile and block wall is considered to have no contribution to the overall stiffness of the building and is therefore omitted, except as mass. The concrete walls and slabs are modeled as shell elements. Define all property of structure material from (Table 2) in sap2000. (Fig. 4) View in three dimensions (3D) of 12-storey building with fix base was modeled

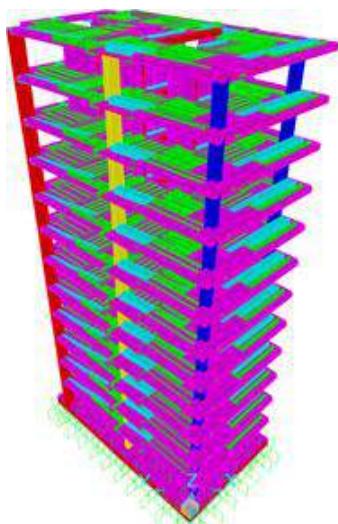
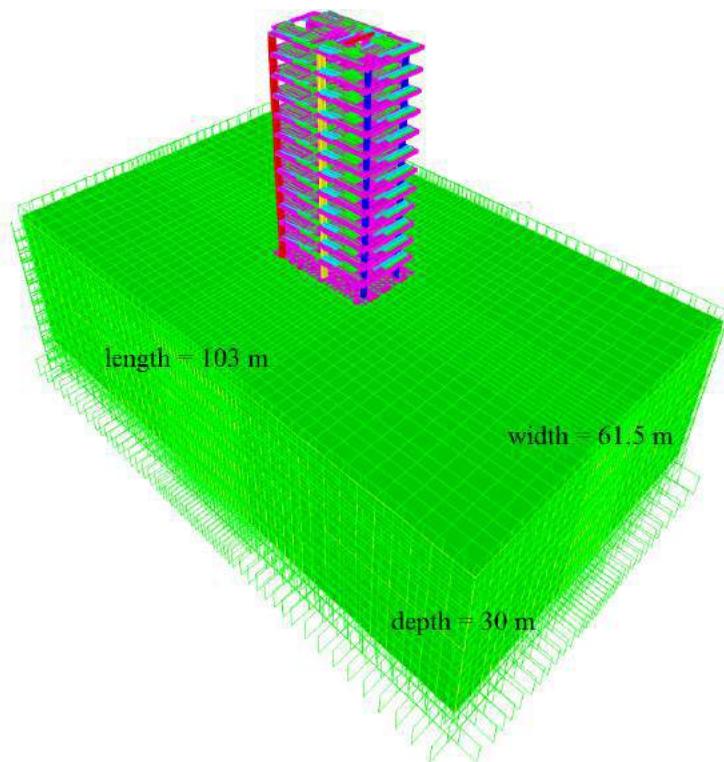


Figure 4 View in 3D of 12 story building with fix base was modeled in SAP2000.

## 2.6 Modelling the building with soil (soil-structure-interaction) finite element model

The simplest type of idealized soil response is to assume the behavior of supporting soil medium as a linear elastic continuum. In Elastic Continuum or finite element model, the finite soil mass is considered based on convergence study, with boundary far beyond a region where structural loading has no effect. This model can be considered as an approximation of real soil behavior. In continuum idealization, the soil is assumed to be semi-infinite and isotropic for the sake of simplicity. (Nithya et al. 2014), and the governing equations of motion for the structure incorporating foundation interaction and the method of solving these equations are relatively complex. The use of direct method requires a computer program that can treat the behavior of both soil and structure with equal rigor simultaneously. (Kramer 1996).

The lateral boundaries of the main grid are coupled to the free-field grid simulated by viscous dashpots representing quiet boundaries at the sides of the model, and the unbalanced forces from the free-field grid are applied to the main grid boundary (Roessel and Ettonney, 1977), in numerical analyses conducted by researchers (e.g. Zheng, 1995 and Koutromanos, 2009) the boundary condition for the bedrock is assumed to be rigid. Rigid bedrock boundary condition is adopted in soil–structure-interaction numerical model. In addition, the earthquake acceleration records are directly applied to the grid points along the rigid base of the soil medium finite element. (Tabatabaiefar and Fatahi 2014) Distance between soil boundaries, concluded that the horizontal distance of the soil lateral boundaries should be at least five times the width of the structure (Rayhani 2008), after undertaking comprehensive numerical modelling and centrifuge model tests, recommended 30 m as the maximum bedrock depth in the numerical analysis as the most amplification occurs within the first 30 m of the soil profile. In addition, modern seismic codes (e.g. ATC-40, 1996 and NEHRP 2003), evaluate local site effects just based on the properties of the top 30 m of the soil profile. Therefore, in (Fig. 5) View in 3D of 12-storey building with S.S.I was modeled in SAP2000. For all soil type first very dense soil, second medium soil and third weak soil.



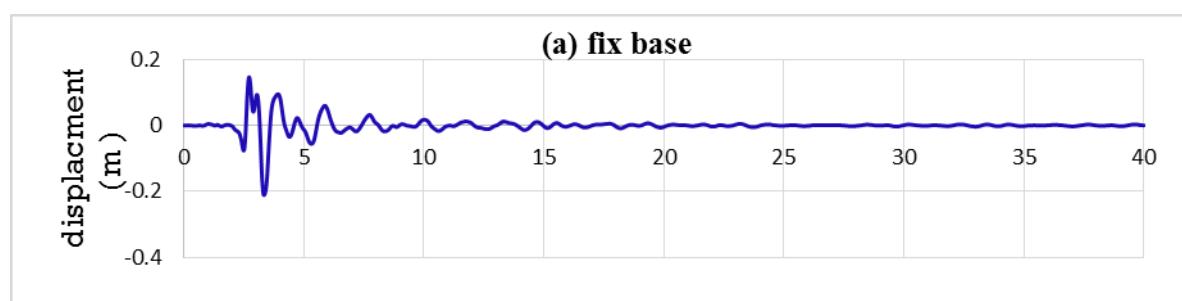
**Figure 5 View in full there dimension (3D) of 12 story building with soil-structure-interaction was modelled in SAP2000. For three type of soil, first very dense soil, second medium soil and third weak soil**

## RESULT AND DISCUSSION

All of the parameters of structure stay the same and the only parameter which changes at each step is the type of soil that structure built on it. From the analysis result.

### 3.1 Displacement.

The displacement refers to the distance that points on the ground are moved from their original locations through the seismic waves. Change type of soil that structure built on it, the stiffness and strength of the soil have a big role in decreasing and increasing the displacement of the structure. Maximum story displacement is always one of the most important considerations in the design and it is very important to consider in which type of soil can play a role in the lateral displacement and how the effect on the structure. In this case study, the all models are analyzed for different type of soil foundation and the results of maximum displacement at top floor during earthquake period,( figure 6) show displacement of top floor and variation with earthquake magnitude acceleration and time period .also in figure7 illustrate comparison maximum value of displacement of each type of soil.



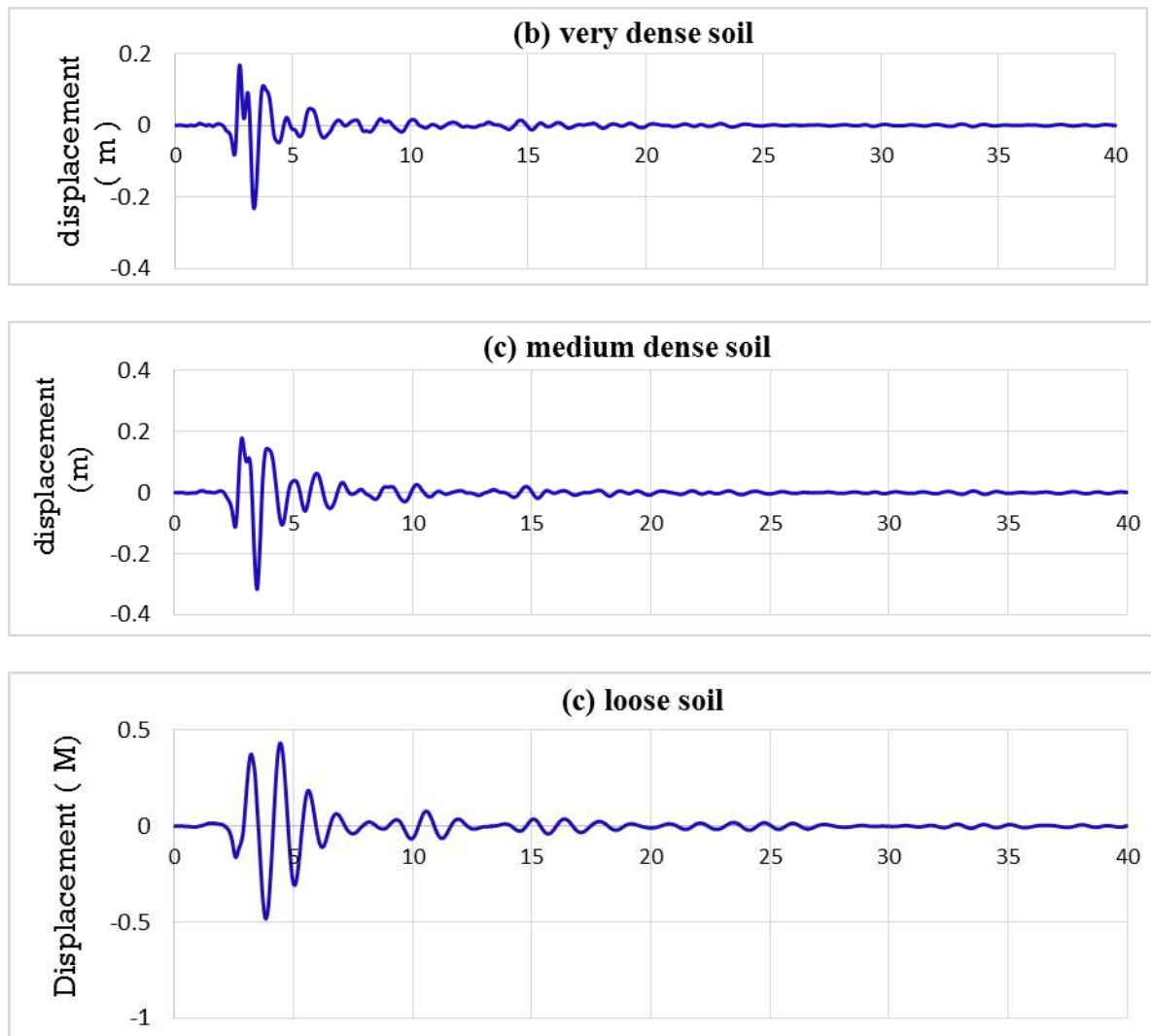


Figure 6 illustrate displacement of top floor ( 12th floor ) and variation with earthquake magnitude acceleration and time period (a) for fix base model , (b) very dense soil , (c) medium

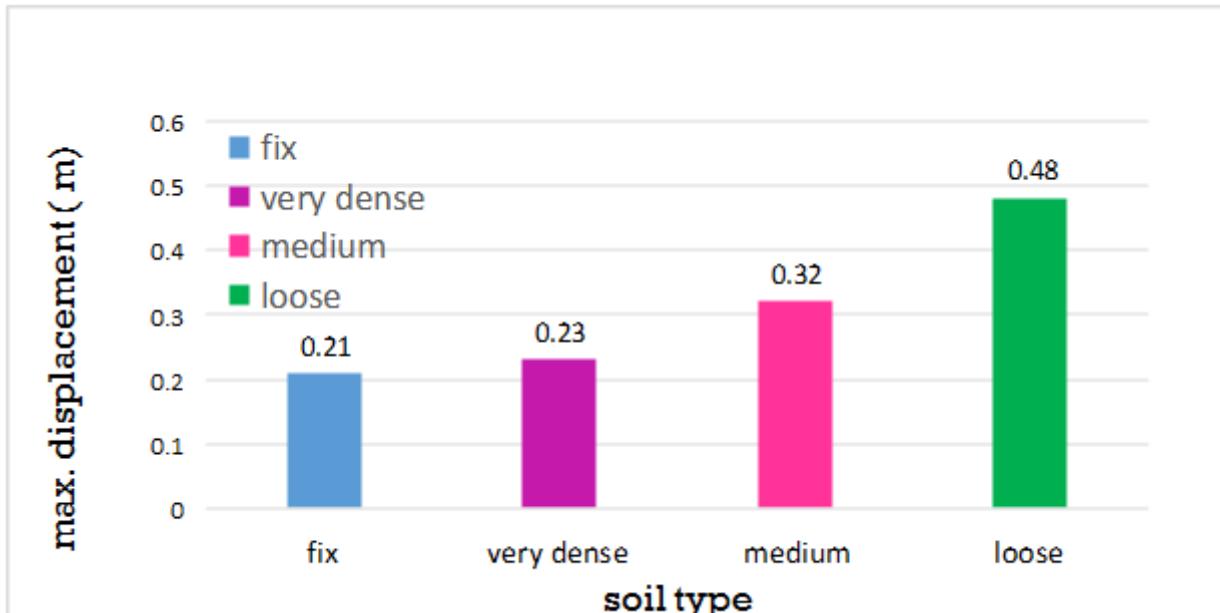


Figure7 comparison of maximum displacement for different type of soil during earthquake exciting

For all story building displacement, from the ground floor, the first floor, until last floor summarized maximum displacement in case of seismic exciting in each floor in table 3 and illustrated in (figure 8).

Table 3 value of maximum displacement for each floor in x-direction

story number	fix	very dense soil	Medium soil	Weak soil
No.	m	m	m	m
0	0	0.019	0.076	0.146
1	0.008	0.027	0.08	0.158
2	0.021	0.031	0.081	0.172
3	0.037	0.041	0.096	0.189
4	0.054	0.056	0.105	0.207
5	0.074	0.074	0.115	0.226
6	0.093	0.092	0.134	0.259
7	0.114	0.115	0.166	0.299
8	0.133	0.14	0.198	0.339
9	0.153	0.165	0.23	0.377
10	0.174	0.189	0.261	0.414
11	0.193	0.212	0.29	0.448
12	0.211	0.232	0.317	0.483

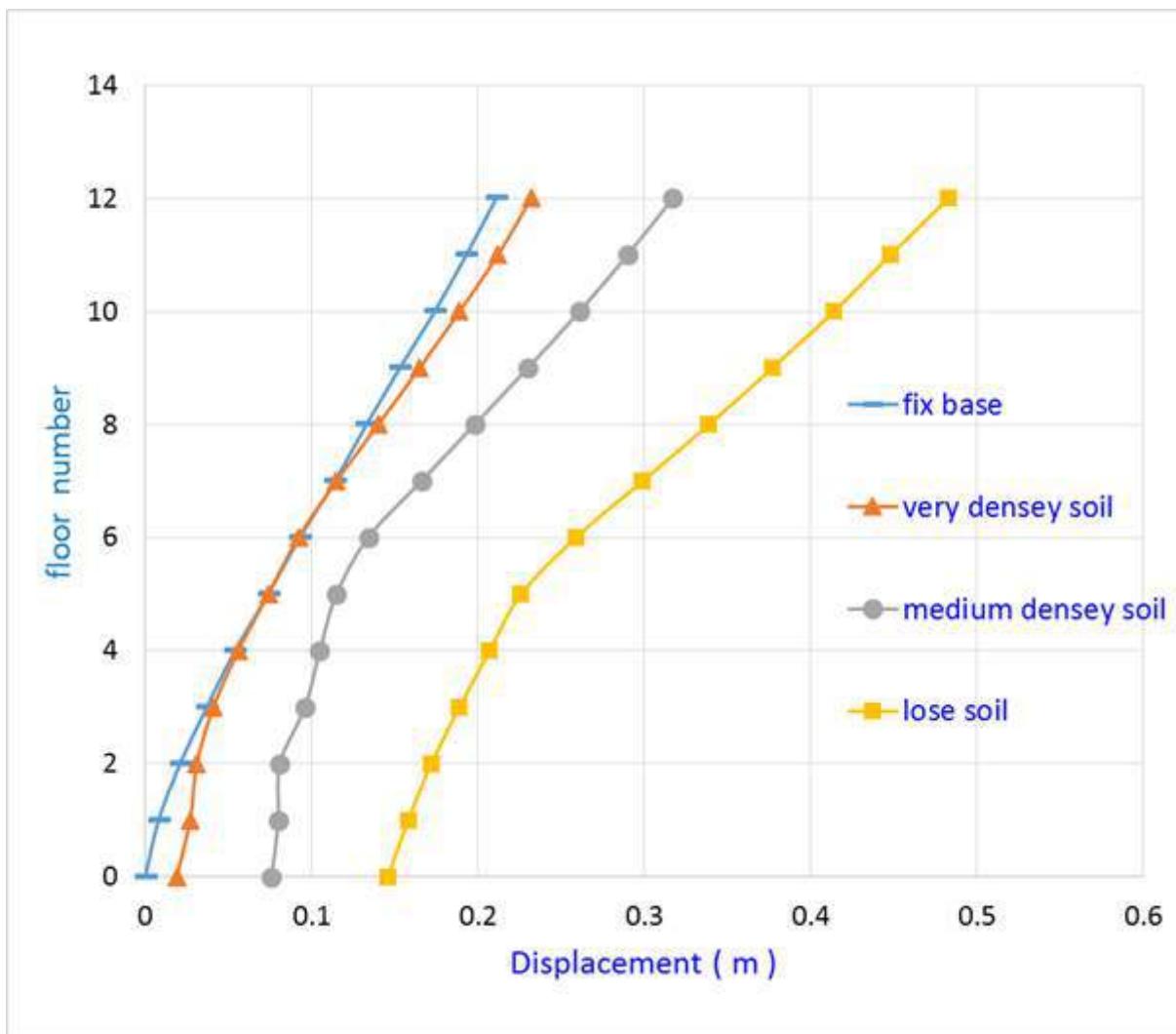


Figure 8 The maximum displacement for each floor in x-direction

Results show from figure 7 (a,b,c,d) and (figure 8), that displacement change when the type of soil models are change, displacement increase when decrease stiffness and dense of soil, increase more than medium stiffness soil. Weak or loose soil showed from this research result that big warning about displacement when any structure built in weak or loose soil must be considering soil-structure-interaction special strategy super structure like high rise building, dam, and nuclear power plant. This result its match with the study of (VANEELA, et al.2016), GÜLLÜ, Jaf at 2016, and (Mahadev Prasad, Manogna), at 2015.

### 3.2 Effect of S.S.I on the amount of shear force for base column

For understanding effect of soil-structure-interaction on the base column that indicate from front of building with cross section (40 \* 80) cm with height equal (3.23 m) at the base of frame building, all result record for it during applied earthquake for building for each model and indicate maximum shear force for each model, showing result in figure 11 and figure 12. Observed from (figure 9 and 10). that enlarge variation between fix base model and other model increase very dense soil by ( 31 % ) more than fix base, medium soil increased by (43 %) more than fix base and loose soil increased by ( 186 % ) more than fix

base model. Results similar to previous study of (Roopa, and Prakash at 2015) and.(Kalyanshetti, and Dyawarkonda at 2016)

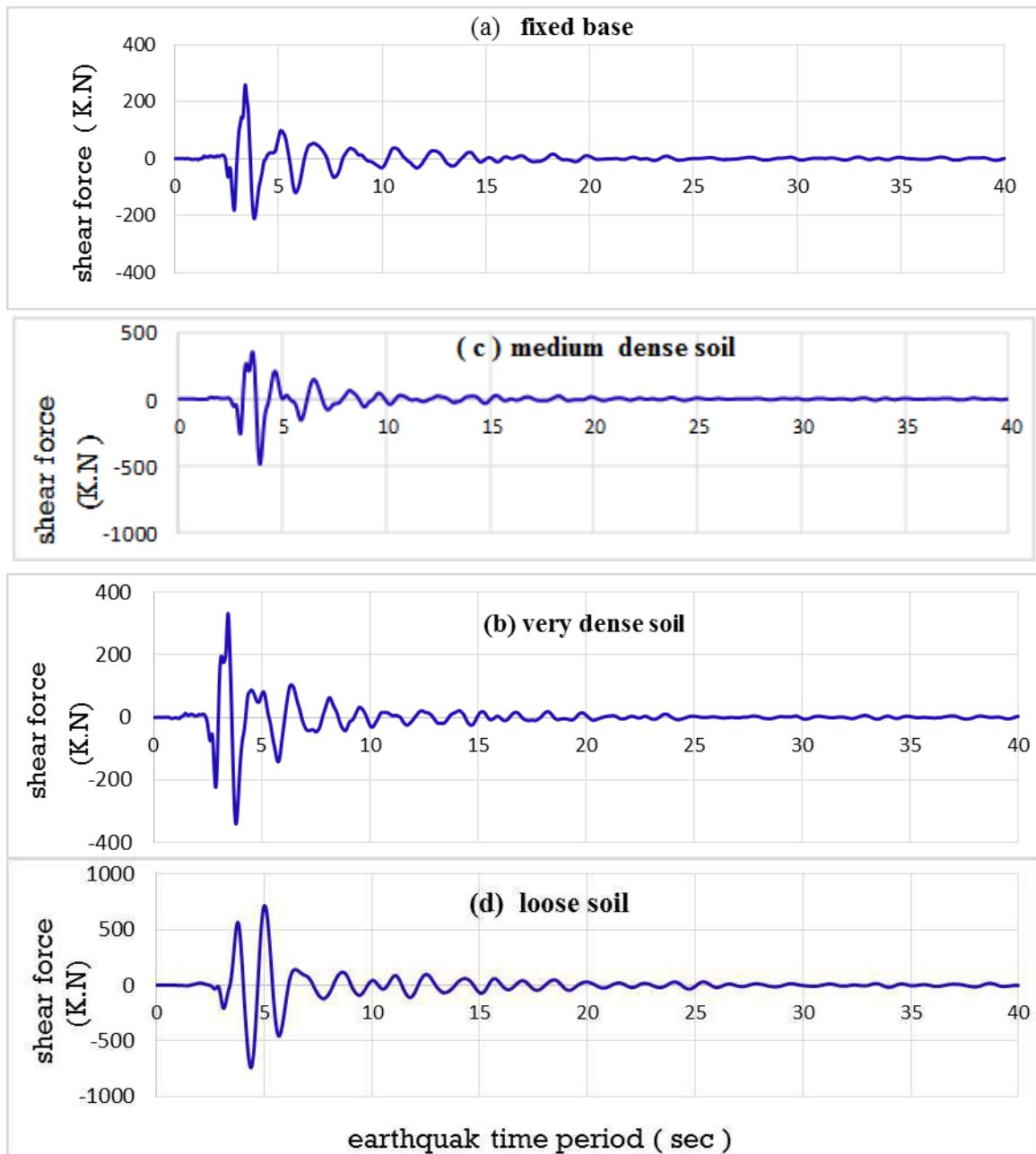


Figure 9 (a, b, c, d) The shear force for base column during earthquake exciting time period for each model

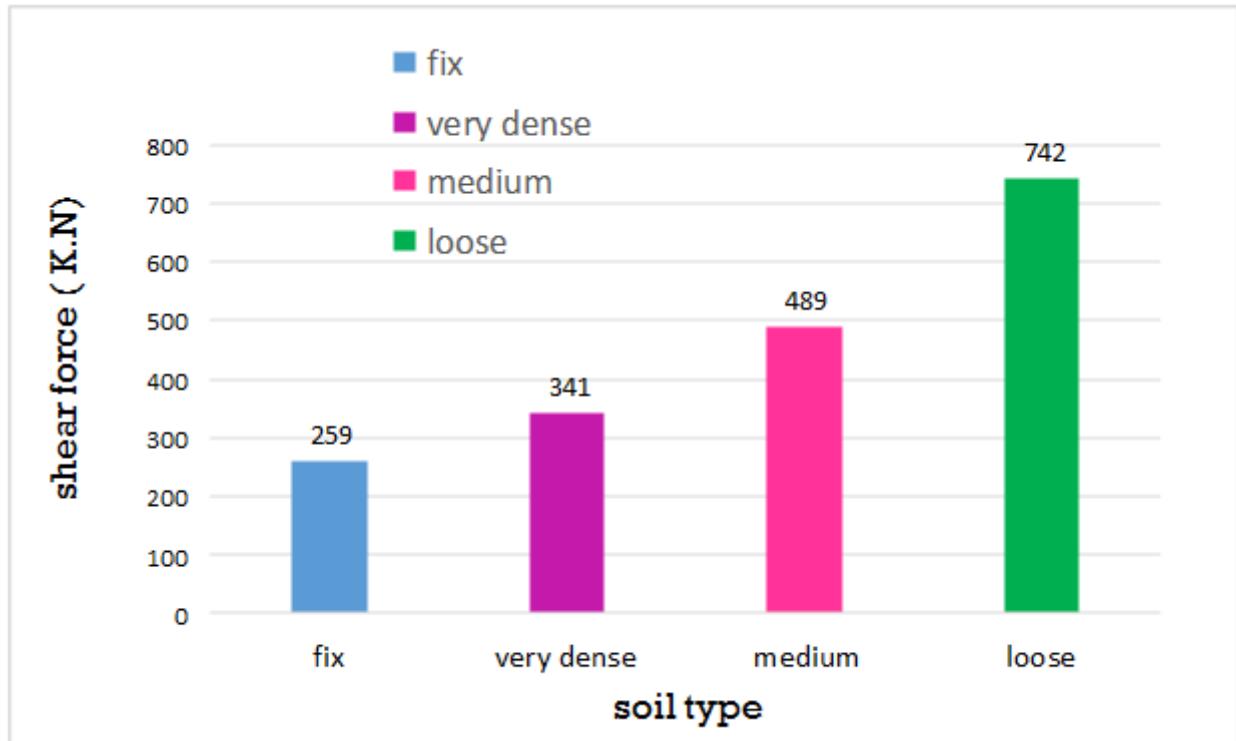
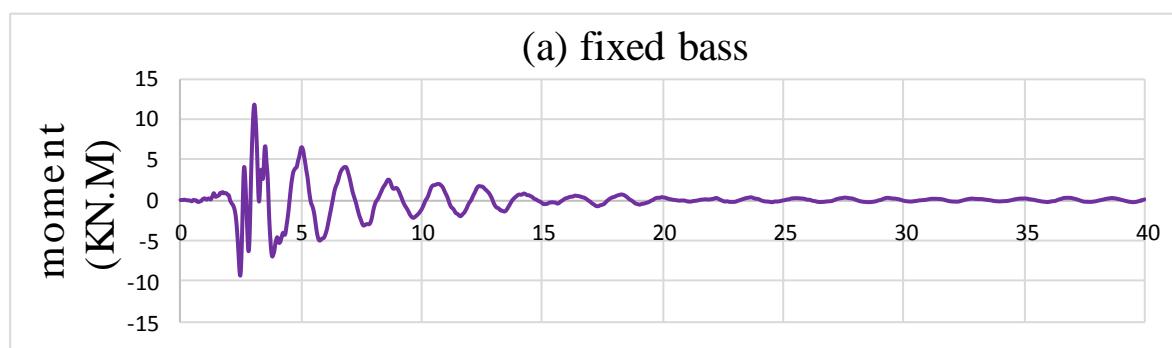


Figure 10 Comparison of maximum shear force for base column in each model during earthquake

### 3.3 Moment for ground floor beam.

Summaries all result for bending moment during earthquake exciting for the ground floor beam of structure for each model, showed results in( figure 11)Observed from figure 13 and 14 increase moment if considering soil-structure-interaction, increase bending moment with decrease stiffness of soil. Very dense soil greater than fix base by (67 %). Medium soil greater than fix base by (98 %), loose soil greater than fix base by (170 %). Results match for previous study of (Kumar, et al., 2016) and (Jie, et al., 2007)



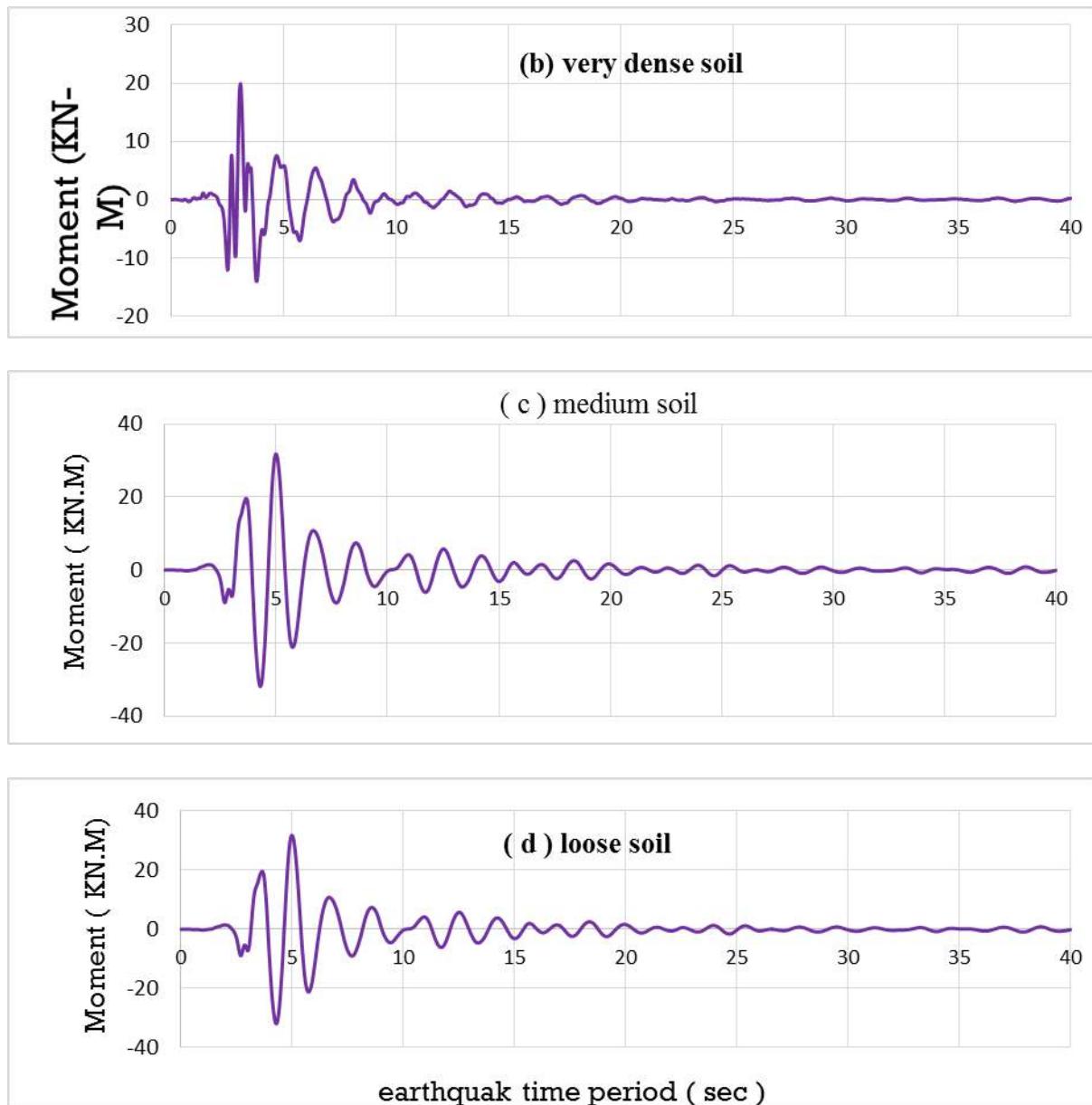


Figure 11 The change moment values for ground floor beam during earthquake exciting for all model

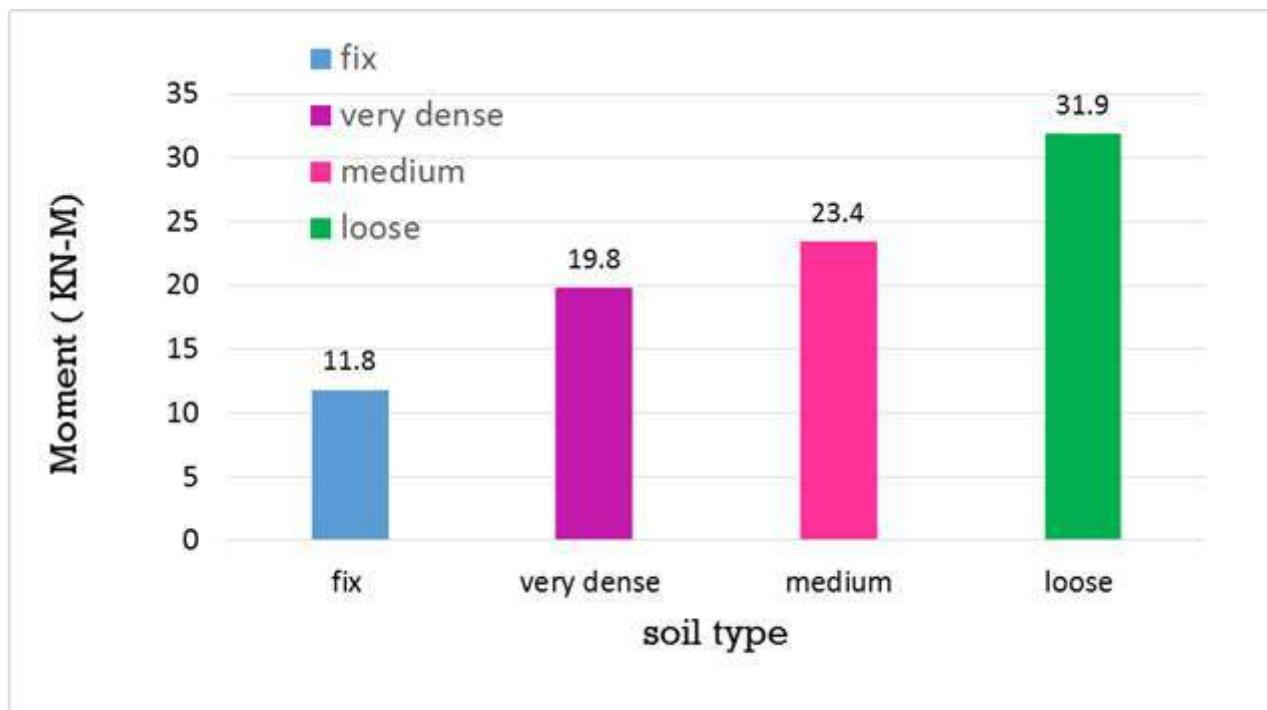


Figure 12 Comparison of maximum moments for beam in each model

## CONCLUSION

- \* Seen in peak of structure parameters from results such as maximum Displacement, drift, shear force, moment, torsion, spectral velocity were very significant variation during earthquake exciting when soil structure interaction include for structural analysis, increase magnitude of all them when S.S.I have used compare with typical design fix base, increased value of all them when soil going to weaker.
- \* Observed soil have a high value of shear wave velocity had good engineering property and safer for structure. When shear wave velocity went to low less than ( $V_s < 180 \text{ m/sec}$ ), soil going to weak, must be careful about specification of soil and special design need for structure
- \* Soil structure interaction must be considered in analysis and design when super structure and strategic project built such as high rise building, dam, nuclear power.
- \* To accurately estimate the effect of soil–structure-interaction is required to know all property of soil from surface earth until bed rock such as shear wave velocity, modulus of elasticity, density and Poisson ratio with all property of structure such as cross section of beam, column and slab with specification for reinforcement of concrete and reinforcement steel bar with know very well use numerical application.
- \* Using SAP2000 numerical engineering program was provide widely integrated analysis solution for structure and soil together. But needs ultra-property of computer otherwise your run analysis get to much time until run and obtain data recorded.
- \* Observed in direct method analysis (linear dynamic) for soil structure interaction the values are hysterical increase more than typical design (fix base). In the typical design process of the structure is normally neglect the soil-structure-interaction effect assume structure is fixed at the foundation. Therefore, the structure must be carefully designed by considering the S.S.I include in design proses until safe and economy in design.



## REFERENCES

- ATC-40, 1996. Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings. Applied Technology Council,  
Seismic Safety Commission, State of California.
- AS1170.4. 2007. Structural Design Actions—Part 4: Earthquake Actions in Australia. Australian Standards.
- API RP 2EQ, 2014. Seismic Design Procedures and Criteria for Offshore Structures, First Edition, November 2014. Global Standards.
- Braja M. D., 2008. Advanced Soil Mechanics, Third edition.
- Cakir, T., 2013. Evaluation of the effect of earthquake frequency content on seismic behavior of cantilever retaining wall including soil–structure interaction
- Chandran, N., Rajan, A., Syed, S., 2014. Seismic analysis of building with Underground Stories considering soil structure interaction. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, Volume 4, Issue 11, November 2014).
- Eurocode 2-2004. With Eurocode 8-2004. Concrete Frame Design Manual for SAP2000 and  
EN 1992 -1-1 per EN 206.
- Essien, U. E., Akankpo, A. O., & Igboekwe, M. U. (2014). Poisson's ratio of surface soils and  
Shallow sediments determined from seismic compressional and shear wav velocities. International Journal of Geosciences, 5(12), 1540.
- FHWA, 1997. Geotechnical engineering circular no.3, design guidance: geotechnical Earthquake engineering for highways, volume 1.
- FEMA 356/November 2000. Federal emergency management agency, (U.S.A).
- GÜLLÜ, H., Pala, M., 2014. On the resonance effect by dynamic soil–structure Interaction, Springer 2014.
- GÜLLÜ, H., Jaf, H. S., 2016. Full 3D nonlinear time history analysis of dynamicSoil–Structure Interaction for a historical masonry arch bridge. (Springer 2016).
- Hokmabadi, A. S., Fatahi, B., Samali, B. (2014). Assessment of soil–pile–structure interaction  
Influencing seismic response of mid-rise buildings sitting on floating pile Foundations. Computers and Geotechnics, 55, 172-186.
- Jie, G., Preisig, M., & Jeremić, B. (2007). Benefits and detriments of soil foundation structure  
Interaction. In Dynamic Response and Soil Properties (pp. 1-10).
- Kobayashi, H., Seo, K., Midorikawa, S. (1986). Estimated strong ground motions in the Mexico City. In The Mexico Earthquakes—1985: Factors Involved and Lessons Learned (pp.55-69). ASCE.
- Karamodin, A., & Haji Kazemi, H. (2008). Semi-active control of structures using Neuro-Predictive algorithm for MR dampers. Structural Control and Health Monitoring, 278.
- Kramer, S. L. 1996. Geotechnical Earthquake Engineering Prentice Hall. New York.
- Kramer, S. L., 1999. Geotechnical earthquake engineering (university of Washington)
- Luco, J. E., & Hadjian, A. H. (1974). Two-dimensional approximations to the three-  
Dimensional soil-structure interaction problem. Nuclear engineering and Design, 31(2), 195-203.



- Lee, J. H., Kim, J. K., & Kim, J. H. (2014). Nonlinear analysis of soil–structure interaction using perfectly matched discrete layers. *Computers & Structures*, 142, 28-44.
- Li, M., Lu, X., Lu, X., Ye, L. 2014. Influence of soil–structure interaction on seismic collapse  
Resistance of super-tall buildings. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 6(5), 477-485.
- Li, M., Lu, X., Lu, X., Ye, L. 2014. Influence of soil–structure interaction on seismic collapse  
Resistance of super-tall buildings. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 6(5), 477-485.
- McGuire R. K., 1978. Seismic ground motion parameter relations. *ASCE Journal of the Geotechnical Engineering Division* 1978; 104(GT4):481–90.
- Mylonakis, G., & Gazetas, G. (2000). Seismic soil-structure interaction: beneficial or Detrimental? *Journal of Earthquake Engineering*, 4(03), 277-301.
- Matinmanesh, H., & Asheghabadi, M. S. (2011). Seismic analysis on soil-structure interaction Of buildings over sandy soil. *procedia engineering*, 14, 1737-1743.
- NEHRP. 2003. Recommended Provisions for Seismic Regulation for New Buildings and Other Structures (FEMA 450). Washington, DC, Edition: Federal Emergency Management Agency.
- NIST GCR 12-917-21, 2012. National Institute of Standards and Technology Patrick D. Gallagher, Under Secretary of Commerce for Standards and Technology and Director, U.S. Department of Commerce, September.
- PEER, 2017. <http://peer.berkeley.edu/nga/index.html>, Pacific Earthquake Engineering Research Center.
- Roesset, J. M., & Ettouney, M. M. (1977). Transmitting boundaries: a comparison. *International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geotechnics*, 1(2), 151-176.
- Rayhani, M. H., & El Naggar, M. H. (2008). Numerical modeling of seismic response of rigid Foundation on soft soil. *International Journal of Geomechanics*, 8(6), 336-346.
- (Roopa, H. G., Naikar. G., 2015,) Soil Structure Interaction Analysis on a RC Building with  
Raft foundation under Clayey Soil Condition
- Retherman, R., 2015. Geotechnical Earthquake Engineering adapted from the 2015 CUREE  
Calendar illustrated essays by Consortium of Universities for Research in Earthquake Engineering.
- Spirakos, C. C., Maniatakis, C. A., & Koutromanos, I. A. (2009). Soil–structure interaction  
Effects on base-isolated buildings founded on soil stratum. *Engineering Structures*, 31(3), 729-737.
- Su, J., & Wang, Y. 2013. Equivalent dynamic infinite element for soil–structure interaction.  
Finite Elements in Analysis and Design, 63, 1-7.
- Towhata I., 2008. Geotechnical earthquake engineering. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag; 2008.
- Tabatabaiefar, H. R., Fatahi, B. 2014. Idealisation of soil–structure system to determine Inelastic seismic response of mid-rise building frames. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 66, 339-351.
- Veletsos, A. S., & Meek, J. W. (1974). Dynamic behaviour of building-foundation systems. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 3(2), 121-138.



Veletsos A. S., Nair V. D., 1975, "Seismic Interaction of Structures on Hysteretic Foundations", Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 101, pp. 109-129. Wolf, J. (1985). Dynamic soil-

Structure interaction (No. LCH-BOOK-2008-039). Prentice Hall, Inc.

Wilson, E. L. (2002). Three-dimensional static and dynamic analysis of structures.

Wair, B. R., DeJong, J. T., Shantz, T. 2012. Pacific Earthquake Engineering Research Center, Headquarters at the University of California, December 2012, Guidelines for Estimation of Shear Wave Velocity Profiles.

Zheng, J., Takeda, T. (1995). Effects of soil-structure interaction on seismic response of PC Cable-stayed bridge. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 14(6), 427-437.



## ECO-FRIENDLY REMOVAL OF TEXTILE DYE FROM AQUEOUS SOLUTION WITH LOW COST AGRICULTURAL BY-PRODUCT

Fatih DENİZ

Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering and Architecture,  
Sinop University,  
Sinop, Turkey  
[f\\_deniz@outlook.com](mailto:f_deniz@outlook.com)

RemziyeAysun KEPEKÇİ

Department of Food Processing, Vocational High School of Technical Sciences, Gaziantep  
University,  
Gaziantep, Turkey  
[rasyunkepekci@gmail.com](mailto:rasyunkepekci@gmail.com)

**ABSTRACT:** Large amounts of waste water containing processed textile dyes are among the important source of contamination responsible for the pollution of the environment. Many different types of treatment processes including ion exchange, coagulation, flocculation, membrane filtration and chemical oxidation have been used to remove such synthetic unsafe dyes from polluted effluents. These methods have some disadvantages such as incomplete removal, high reagent and energy requirements, and generation of toxic waste products. Currently, there is a growing interest in using low-cost and non-conventional alternative biosorbents instead of these traditional materials. This study was designed to evaluate the dye removal potential of walnut shell as nontoxic, biodegradable, lowcost biosorbent. For the effective dye removal, it is essential to optimize simultaneously the biosorption conditions (pH, biosorbent dosage, initial dye concentration, and contact time etc.). For the first time, the biosorption conditions for the removal of Maxilon Red GRL (MR GRL) dye by walnut shell were optimized using the Taguchi technique instead of conventional optimization procedures which require more time and experiments. The optimal biosorption conditions were found as A<sub>1</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub>. These were biosorbent dosage (A) of 1 g L<sup>-1</sup>, initial dye concentration (B) of 80 mg L<sup>-1</sup> and contact time (C) of 120 min. Based on these results, the biosorbent dose was found as the most significant factor on the dye biosorption and this was followed by initial dye concentration and contact time, respectively. The optimal conditions predicted were further validated by the confirmation experiments. The results of this study suggest walnut shell as a low cost biosorbent for bioremediation of contaminated water bodies and Taguchi approach as a reliable tool in the optimizing biosorption conditions.

**Key words:** Biosorption; walnut shell; dye; optimization; Taguchi methodology



## THE BIOREMEDIATION PERFORMANCE OF SOME SOIL FUNGI ON HERBICIDE ACETOCHLOR

Gokhan Onder ERGUVEN

Munzur University Faculty of Engineering Department of Environmental Engineering  
[gokhanondererguven@gmail.com](mailto:gokhanondererguven@gmail.com)

Hurrem BAYHAN

Yıldız Technical University Faculty of Civil Engineering Department of Environmental Engineering  
[hurrembayhan@gmail.com](mailto:hurrembayhan@gmail.com)

**Abstract:** In this study, we aimed to find out the removal efficiency of some soil fungi types on acetochlor biodegradation under agitated culture conditions with Chemical Oxygen Demand, Biochemical Oxygen Demand and reveal the population dynamics via turbidity. The fungi cultures were isolated from agricultural field in Thrace region of Turkey with no background of acetochlor. These fungi enriched in malt extract broth media and 1 ml (approximately  $10^7$  Colony Forming Unit(CFU)/ml) of these enriched media was inoculated into 100 ml of acetochlor solutions that suggested for using application concentrations in agricultural field. Before starting the biodegradation studies; firstly the turbidity experiments were performed by Photolab 6600 UV-VIS Spectrophotometer for identify the beginning of the degradation time of acetochlor. Standard methods 5220C closed reflux titrimetric method was used for Chemical Oxygen Demand (COD) experiments while Biochemical Oxygen Demand (BOD<sub>5</sub>) test was conducted with standard method 5210B (5 day BOD<sub>5</sub> test). All experiments were performed in triplicate. Bioremediation results of acetochlor have shown different results according to the types of fungi. The best removal performance was seen on *Tolypocladium geodes* and *Cordyceps cicadae* as 90% on COD parameter while 80% and 76% as BOD<sub>5</sub> respectively in 5 days. The performance of *Metacordyceps ovariensis*, *Metarhizium cylindrosporae* and *Verticillium chlamydosporium* was 74%, 61% and 52% in COD. Removal rate of BOD<sub>5</sub> was 66%, 54% and 50% respectively for these fungi. Degradation time of acetochlor with these enriched fungi cultures varied between 10 min. and 150 min. Our results indicate that *Tolypocladium geodes* and *Cordyceps cicadae* might be used in acetochlor bioremediation with a significant COD and BOD<sub>5</sub> reduction and can be used for rehabilitate agricultural fields or receiving environments for removal the opposite effects of acetochlor or other herbicides.

**Key words:** Soil fungi, acetochlor, chemical oxygen demand, biochemical oxygen demand, population dynamics

## ASETOKLOR HERBİSİTİNİN BİYOREMEDİASYONUNDA BAZI TOPRAK MANTARLARININ PERFORMANSI

**Özet:** Bu çalışmada bazı toprak mantar türlerinin çalkalanmış kültür koşullarında asetoklor biyoremediasyonunun kimyasal oksijen ihtiyacı, biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve turbidite ile popülasyon dinamiğinin açığa çıkarılması hedeflenmiştir. Mantar kültürleri Türkiye Trakya bölgesinde asetoklor kullanılmamış zirai alandan izole edilmiştir. Bu mantarlar malt ekstrakt broth ortamında zenginleştirilmiştir ve bu zenginleştirilmiş kültür ortamından



1 ml (yaklaşık  $10^7$  koloni oluşturan ünite(CFU)/ml) si tarım arazisinde tavsiye edilen uygulama konsantrasyondaki asetoklor çözeltisinin 100 ml sine aşılanmıştır. Biyodegradasyon çalışmalarına başlamadan önce; ilk olarak türbidite deneyleri Photolab 6600 UV-VIS Spektrofotometrede asetoklorun parçalanma zamanının belirlenmesi için yapılmıştır. Standart metot 5220C kapalı refluks titrimetrik metodu, Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) deneylerinde kullanılırken, Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı deneyi standart method 5210B (5 Günlük BOİ testi) kullanılmıştır. Bütün deneyler üç tekrarlı gerçekleştirilmiştir. Asetoklorun biyoremediasyon sonuçları mantar türlerindeki farklılıklara göre değişik sonuçlar göstermiştir. En iyi giderim verimi *Tolypocladium geodes* ve *Cordyceps cicadae* türlerinde KOİ bazında %90 olarak görülmüşken BOİ<sub>5</sub> de sırasıyla %80 ve %76 giderim verimi görülmüştür. *Metacordyceps owariensis*, *Metarhizium cylindrosporae* ve *Verticillium chlamydosporium* un gideim performansları KOİ de %74, %61 ve %52 dir. BOİ<sub>5</sub> giderim verimleri bu mantar türlerinde sırasıyla %66, %54 ve %50 dir. Bu zenginleştirilmiş mantar kültürlerindeki parçalama zamanları 10 dk. ile 150 dk. arasında seyretmektedir. Sonuçlarımız göstermiştir ki *Tolypocladium geodes* ve *Cordyceps cicadae* asetoklor biyoremediasyonunda önemli KOİ ve BOİ<sub>5</sub> azalısında ve tarım alanlarıyla alıcı ortamların rehabilitasyonunda asetoklor veya diğer herbisitlerin olumsuz etkilerini ortadan kaldırımda kullanılabılır.

**Anahtar sözcükler:** Toprak mantarı, asetoklor, kimyasal oksijen ihtiyacı, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, popülasyon dinamiği



## CONTRIBUTION OF EXTERNALLY BONDED CFRP TO THE SHEAR CAPACITY OF RC BEAMS

Karrar AL-LAMI, Wassit University , [karrarali@uowasit.edu.iq](mailto:karrarali@uowasit.edu.iq)

**ABSTRACT:** Rehabilitation of deteriorated and aged structures with fiber reinforced polymer has been proven as a successful technique due to its outstanding properties such as resistance to corrosion and high stiffness-to-weight ratio. The purpose of this study is to investigate the contribution of the externally bonded carbon fiber reinforced polymer to the shear capacity of the reinforced concrete beams. For this purpose, three reinforced concrete beams strengthened with carbon fiber reinforced polymer in form of side bonded sheet was investigated. The experimental program consisted of three beam specimens that were strengthened with carbon fiber reinforced polymer. One of the beam specimens was not reinforced with transverse steel reinforcement, while the other two were reinforced with stirrups at 200 and 100mm spacing. The strain of the transverse steel reinforcement and the externally bonded CFRP was recorded and compared. In addition, shear capacity predicted by code provisions was compared to the test results. It was indicated that the presence of the transverse steel reinforcement would reduce the contribution of the CFRP to the shear capacity. In addition, the investigated code provisions underestimate the shear capacity of the RC beams strengthened with CFRP.

**Key words:** CFRP, Shear strengthening, Shear capacity, FRP, Side bonding

### INTRODUCTION

Fiber Reinforced Polymer (FRP) has been greatly used to strengthen deteriorated structures in the last few decades. Externally Bonded Fiber Reinforced Polymer (EB-FRP) and Near Surface Mounted (NSM) are the most popular strengthening methods. Due to its easy implementation, externally bonded strengthening technique has been widely used to increase flexural and ultimate shear capacity of Reinforced Concrete (RC) beams (Pellegrino et al. 2009, Pellegrino & Modena 2009, Chen et al. 2015, Oehlers et al. 2015, Bukhari et al 2010, Pellegrino et al. 2002, Pellegrino & Modena 2008)

Shear behavior of RC beams strengthened by EB-FRP has attracted a great attention due to its significance to prevent shear failure. Shear strengthening is performed in form of side bonding, U-wrapping, and complete wrapping. FRP can be applied in one or more than one layer. Numerous studies (Bukhari et al. 2010, Pellegrino et al. 2002, Pellegrino & Modena 2008, Pellegrino 2006, Bousselham & Chaallal 2006, Bousselham & Chaallal 2008, Pellegrino & Vasic 2013, Chen et al. 2010) made important contributions to this subject. Yet, there are still some gaps need to be filled. The contribution of the FRP to the shear capacity is one of these gaps. Design guidelines such as ACI 440.2R, fib, and CNR-DT quantify the shear capacity of the RC beams strengthened in shear with EB-FRP by the simple sum of concrete contribution, transverse steel contribution, and FRP contribution. Nevertheless, these models sometimes lead to inaccurate assessment because they ignore the interaction between transverse steel and FRP (Pellegrino et al. 2002, Pellegrino & Modena 2008, Pellegrino 2006, Bousselham & Chaallal 2006, Bousselham & Chaallal 2008, Pellegrino & Vasic 2013, Chen et al. 2010). Therefore, more experimental tests are needed to validate these models. In this paper, the contribution of the externally bonded Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) to the shear capacity of RC beams was investigated. In addition, the shear capacity of the RC beams strengthened with CFRP



obtained from the experimental program was compared with the values predicted by some code provisions.

## DESIGN GUIDELINES FOR THE PREDICTION OF THE SHEAR CAPACITY

ACI 440-08

The American Concrete Institute (ACI 440.2R 2008) provisions are based on a study by Khalifa et al. (1998). Shear capacity of RC beams strengthened with FRP can be determined as follows:

$$V_{Rd} = V_c + V_s + \psi_f V_f \quad (1)$$

$$V_c = 0.17 \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \quad (2)$$

$$V_s = \frac{f_{wy} A_{ws} d}{s_f} \quad (3)$$

$$V_f = \frac{A_{fv} f_{fe} (\sin \alpha + \cos \alpha) d_f}{s_f} \quad (4)$$

$$A_{fv} = 2 \cdot n \cdot t_f \cdot w_f \quad (5)$$

$$f_{fe} = \epsilon_{fe} \cdot E_f \quad (6)$$

For complete wrapped member

$$\epsilon_{fe} = 0.0004 \leq 0.75 \cdot \epsilon_{fu} \quad (7)$$

For two or three side-bonded FRP

$$\epsilon_{fe} = k_v \cdot \epsilon_{fu} \leq 0.004 \quad (8)$$

$$k_v = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot L_g}{11,900 \cdot \epsilon_{fu}} \leq 0.75 \quad (9)$$

$$L_g = \frac{23,300}{(n \cdot t_f \cdot E_f)^{0.58}} \quad (10)$$

$$k_1 = \left( \frac{f'_c}{27} \right)^{2/3} \quad (11)$$

$$k_2 = \frac{d_{fv}-2L_g}{d_{fv}} \quad \text{For two sides bonded} \quad (12)$$

$$k_2 = \frac{d_{fv}-2L_g}{d_{fv}} \quad \text{For U wrapping} \quad (13)$$

Where  $V_c$ ,  $V_s$ , and  $V_f$  are the concrete, transverse steel, and FRP contribution to the shear strength;  $f'_c$  is the compressive strength of the concrete;  $b_w$  and  $d$  are the width and the depth of the beam cross section, respectively;  $f_{wy}$  and  $A_{ws}$  are the yielding strength and cross section area of the transverse steel reinforcement;  $S$  is the spacing between transverse reinforcement;  $\psi_f$  is a reduction factor equals to 0.85 for two side-bonded FRP scheme and 0.95 for complete wrap scheme;  $A_{fv}$ ,  $f_{fe}$ ,  $s_f$  are the FRP shear reinforcement area, effective stress and spacing respectively;  $\alpha$  is the FRP inclination angle with respect to the longitudinal axis of the member;  $d_f$  is the FRP effective depth;  $E_f$  is the FRP tensile modulus of elasticity;  $\epsilon_{fu}$  is the ultimate rapture strain calculated by dividing the tensile strength ( $f_{fu}$ ) on the tensile modulus of elasticity ( $E_f$ );  $\epsilon_{fe}$  is FRP effective strain at the failure point;  $k_v$  bond-reduction coefficient.

FIB 2001

The European code fib (2006) derived its model to predict the shear strength of FRP strengthened RC beams based on regression of experimental results conducted by Triantafillou & Antonopoulos (2000). The shear capacity can be determined using the following Equations:

$$V_{Rd} = \min(V_{cd} + V_{wd} + V_{fd}, V_{Rd,2}) \quad (14)$$



$$V_{cd} = 0.9 \cdot k_v \cdot \frac{\sqrt{f_{cm}}}{\gamma_c} \cdot b_w \cdot d \quad (15)$$

$$V_{wd} = 0.9 \cdot \frac{A_{sw}}{s_w} \cdot f_{ywd} \cdot d \cdot (\cot \theta + \cot \beta) \sin \beta \quad (16)$$

$$V_{fd} = 0.9 \cdot \varepsilon_{fd,e} \cdot E_{fu} \cdot \rho_f \cdot b_w \cdot d \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha \quad (17)$$

$$\varepsilon_{fd,e} = \frac{\varepsilon_{fk,e}}{\gamma_f} \quad (18)$$

$$\varepsilon_{fk,e} = k \cdot \varepsilon_{f,e} \quad \text{Where } k=0.8 \quad (19)$$

For fully side-bonded and U-jacketing FRP

$$\varepsilon_{f,e} = \min \left[ 0.65 \cdot \left( \frac{f_{cm}^{2/3}}{E_{fu} \cdot \rho_f} \right)^{0.56} \cdot 10^{-3}, 0.17 \cdot \left( \frac{f_{cm}^{2/3}}{E_{fu} \cdot \rho_f} \right)^{0.3} \cdot \varepsilon_{fu} \right] \quad (20)$$

For continuous bonded FRP

$$\rho_f = \frac{2 \cdot t_f \cdot \sin \alpha}{b_w} \quad (21)$$

For FRP sheet or strips of width  $b_w$  at spacing  $s_f$ :

$$\rho_f = \left( \frac{2 \cdot t_f}{b_w} \right) \cdot \left( \frac{b_f}{s_f} \right) \quad (22)$$

Where  $V_{cd}$  and  $V_{wd}$  are the concrete and transverse steel contribution to the shear strength, respectively;  $V_{fd}$  is the FRP contribution;  $k_v$  is a model parameter defined by the levels of approximation and represents the ability of the web to resist aggregate interlock stresses (fib 2010);  $\gamma_c$  is a partial safety factor for concrete;  $f_{ywd}$ ,  $A_{sw}$  is the yielding strength and cross section area of the transverse steel, respectively;  $s_w$  is the spacing between transverse steel;  $\gamma_f$  is the partial safety factor which is 1.30 for the bonding failure;  $\varepsilon_{fd,e}$  design value of the effective FRP strain;  $\varepsilon_{fu}$  is the FRP ultimate strain;  $E_{fu}$  modules of elasticity for the FRP in the principal fiber orientation in GPa;  $f_{cm}$  is the cylindrical compressive strength of concrete in MPa;  $\rho_f$  is the FRP reinforcement ratio;  $d$  and  $b_w$  are the depth and the width of the cross section, respectively;  $\alpha$  is the angle between the longitudinal axis of the member and principal fiber orientation;  $\theta$  is the angle of the diagonal crack with respect to the member axis (assumed 45);  $\beta$  is the angle between transverse steel reinforcement and longitudinal axis of the member.

CNR-DT200 (2013)

The Italian CNR-DT proposed the following expression to determine the shear capacity of the RC beams strengthened by externally bonded FRP:

$$V_{Rd} = \min [V_{Rd,s} + V_{Rd,f}; V_{Rd,c}] \quad (23)$$

For FRP side bonding configuration

$$V_{Rd,f} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} \cdot 0.9 \cdot d \cdot f_{fed} \cdot 2 \cdot t_f \cdot (\cot \theta + \cot \beta) \cdot \frac{b_f}{p_f} \quad (24)$$

Where  $V_{Rd,s}$ , and  $V_{Rd,f}$  are the steel and FRP contributions to the shear capacity, respectively;  $V_{Rd,c}$  is the maximum shear force the section can resist before crashing of the concrete in the compression zone;  $f_{fed}$  is the FRP effective design strength;  $b_f$  and  $p_f$  are the FRP width and spacing, respectively, measured orthogonally to the fiber direction (for FRP strips installed one next to each other, the ratio of  $b_f/p_f$  equals to 1.0);  $\gamma_{Rd}$  is a partial factor for resistance models (For shear and torsion, its value equals 1.20);  $\beta$  is the angle between the FRP sheet and the longitudinal axis;  $\theta$  is the angle of the shear crack (assume equals to 45° unless more calculations are made).

$$f_{fed} = f_{fdd} \left[ 1 - \frac{1}{3} \cdot \frac{l_{ed} \cdot \sin \beta}{\min [0.9d; h_w]} \right] \quad (25)$$

$$f_{fdd} = \frac{1}{\gamma_{f,d}} \sqrt{\frac{2 \cdot E_f \cdot l_{fd}}{t_f}} \quad (26)$$



$$l_{ed} = \frac{1}{\gamma_{Rd} \cdot f_{bd}} \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E_f \cdot t_f \cdot \Gamma_{Fd}}{2}} \quad (27)$$

$$f_{bd} = \frac{2 \cdot \Gamma_{Fd}}{s_u} \quad (s_u = 0.25\text{mm} \text{ is the design bond strength between FRP and concrete}) \quad (28)$$

Where  $h_w$  is the cross section depth;  $f_{fd}$  is the design debonding strength of FRP;  $l_{ed}$  is the effective bond length;  $\gamma_{f,d}$  is partial factor ranged between 1.20 to 1.50;  $E_f$  and  $t_f$  are the FRP modules of elasticity and thickness, respectively. For effective bond length evaluation,  $\gamma_{Rd}$  equals to 1.25.  $\Gamma_{Fd}$  is the design value of the specific fracture energy which can be determined as follows:

$$\Gamma_{Fd} = \frac{k_b \cdot k_G}{FC} \cdot \sqrt{f_{cm} \cdot f_{ctm}} \quad (29)$$

$$k_b = \sqrt{\frac{2 - \frac{b_f}{b}}{1 + \frac{b_f}{b}}} \geq 1.0 \quad (30)$$

Where  $f_{ctm}$  is the concrete average tensile strength;  $f_{cm}$  is the concrete compressive strength;  $FC$  is a confident factor (assumed 1.0);  $k_G$  is a corrective factor equal to 0.023mm or 0.037mm for pre-cured and wet lay-up schemes, respectively.  $k_b$  is the geometric coefficient factor depending on both of the strengthened beam and FRP. The following points should be considered when calculating  $k_b$  value:

\*  $b = p_f$  for discrete FRP strip application

\*  $b = b_f = \min[0.9d; h_w] \cdot \frac{\sin(\theta+\beta)}{\sin \theta}$  For FRP system installed continuously along the length

## EXPERIMENTAL PROGRAM

### Specimen and Material

The experimental program consisted of three rectangular RC beam specimens. They were designed such that their ultimate shear capacity was reached before their ultimate flexural capacity as shown in Table 1. Except for specimen B1 that did not have transverse steel reinforcement, the other two beams were reinforced with transverse steel reinforcement at 100mm and 200mm spacing. The specimens were cast in the laboratories of the Civil Engineering Department of Wasit University using an electric mixer of 0.15 m<sup>3</sup>. The properties of the concrete were as follows: cement = 412 kg/m<sup>3</sup>, fine aggregate = 648 kg/m<sup>3</sup>, coarse aggregate = 1152 kg/m<sup>3</sup>, and water-cement ratio (w/c) = 0.45. Cylindrical specimens of 150 mm diameter and 300 mm length were used to determine the compressive strength. The mean compressive strength at the age of 28 days was 23.5 MPa.

Table 11. Details of Specimens

Specimen	$b$ (mm)	$d$ (mm)	a/d	Tension Steel	$p$	Compression steel	Stirrups diameter (mm)	Stirrups spacing, (mm)
B1	150	200	2.75	2φ25 mm	0.041	2φ10 mm	N/A	N/A
B2	150	200	2.75	2φ25 mm	0.041	2φ10 mm	6	200
B3	150	200	2.75	2φ25 mm	0.041	2φ10 mm	6	100

### Strengthening Procedure

All beam specimens were strengthened with side-bonded CFRP sheets along the entire length of the beams as shown in Figure 1. First, concrete surface was prepared using a grinder and sand paper. Then, it was cleaned with a wet piece of cloth to remove all the remaining dust. Finally, one layer of unidirectional Sika-Wrap-301C carbon fabric was applied using Sikadur- 330 impregnating resin as an adhesive. Table 2 shows the geometric and mechanical properties of the CFRP.

Table 12. Geometric and Mechanical Properties of the CFRP

Type	Width (mm)	Thickness (mm)	Tensile strength (MPa)	Tensile modulus of elasticity (MPa)	Elongation at break %
Sika-Wrap-301C	500	0.167	4,900	230,000	1.7

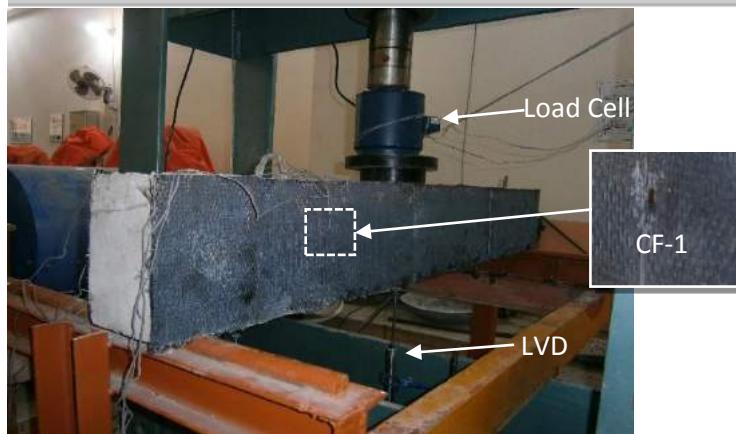


Figure 1. Test Setup

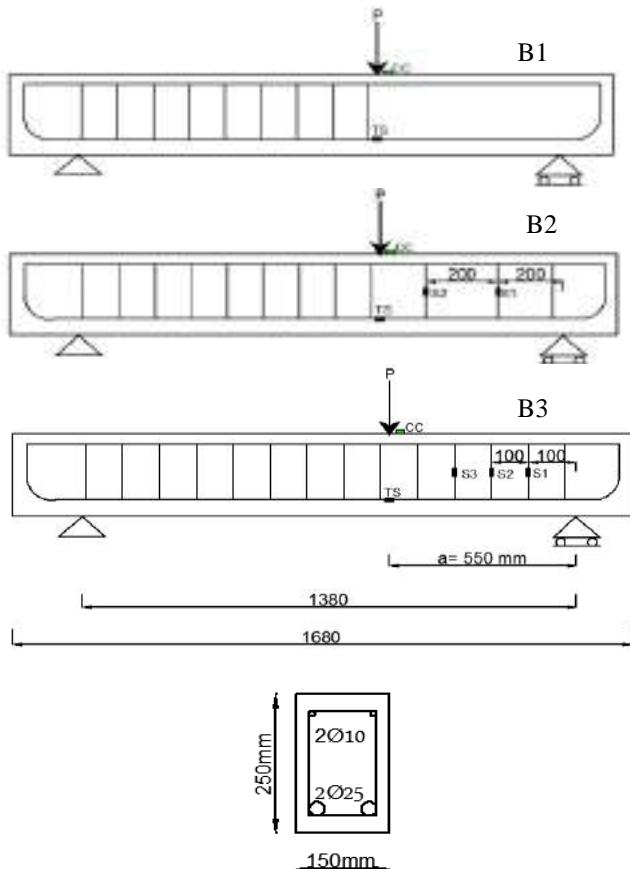


Figure 2. Specimens' Details and Instruments Position

### Test Setup and Instruments

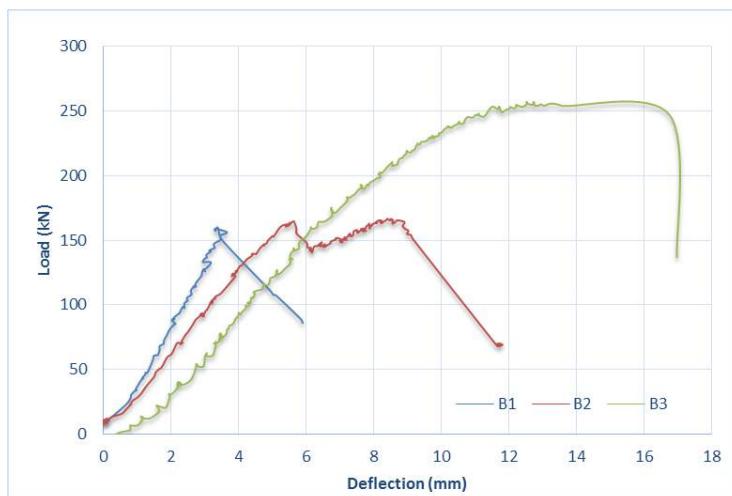
Simply supported scheme with three-point loading was carried out in this study as shown in Figure 1 and 2. Signals from the instruments were monitored and recorded by an automatic data acquisition system. The load was applied using 500 kN hydraulic jack with manual control. The applied load was measured using load cell of 1000 kN capacity. The deflection of the beam beneath the point of the applied load was captured with Linear Variable Displacement Transducer (LVDT). Two strain gauges, CF-1 and CF-2, located at 250 mm from the support were used to measure the strain of the CFRP on the both sides of the beam as shown in Figure 1. Waterproof strain gauges were used to measure the strain in the stirrups as shown in Figure 2. Strain gauges, TS and CC, were also used to measure the strain at the tensile steel reinforcement and compression concrete, respectively.

## RESULTS AND DISCUSSIONS

### Load-Deflection Relationship

Load-deflection relationship was utilized to assess the enhancement of the shear capacity of the RC beams strengthened with the CFRP. The load-deflection relationship obtained from the experimental program is presented in Figure 3. It can be noticed a brittle failure developed in specimen B1 at a load of 160.0 kN due to the absence of the transverse steel

reinforcement. However, a ductile failure was developed in specimens B2 and B3 due to the presence of the internal transverse shear reinforcement at a load of 164.9 kN and 254.9 kN respectively.



**Figure 3. Load-Deflection Curves**

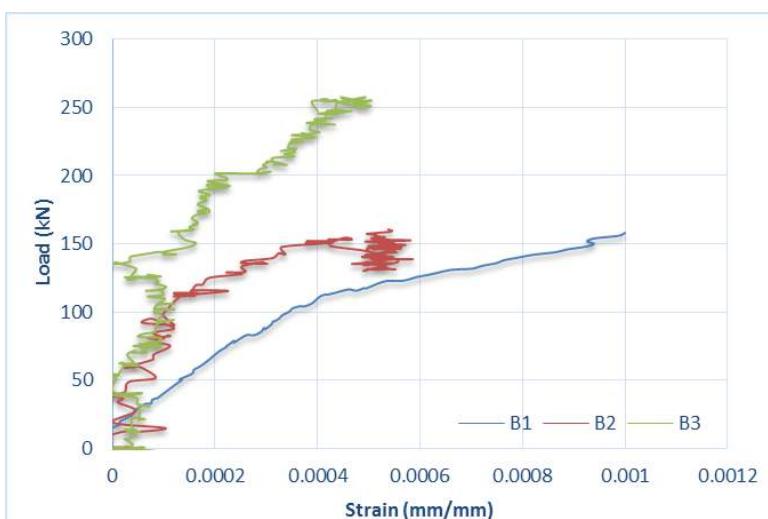
All the beams failed by shear with CFRP delamination. First diagonal shear crack initiated at the point of the applied load then it was propagated toward the closest support. After that, CFRP delamination, combined with a small layer of concrete, was developed at the top and the bottom of the beams as shown in Figure 4. Finally, CFRP debonding propagated toward the inclined shear crack causing beams' failure.

#### Strain Comparison

Strain developed in the CFRP within the shear span was measured by two strain gauges (CF-1, and CF-2) placed on both faces of each specimen and located at 250 mm from the support. Figure 5 compares between the strains developed within the three specimens. It can be observed that though the shear capacity of specimen B1 is almost equal to B2, CFRP in B1 was more strained than B2. This result attributed to the higher contribution of the CFRP in the case of B1 due to the absence of the transverse steel reinforcement. In other words, since specimen B1 was not reinforced with transverse steel, its CFRP contribution to the shear strength was higher. For specimen B3, shear capacity was increased by decreasing the spacing between transverse steel reinforcement within the shear span. However, the strain captured in the CFRP at the failure was almost equal to the one captured in B2 indicating that the presence of transverse steel reinforcement can reduce CFRP contribution to a constant value.

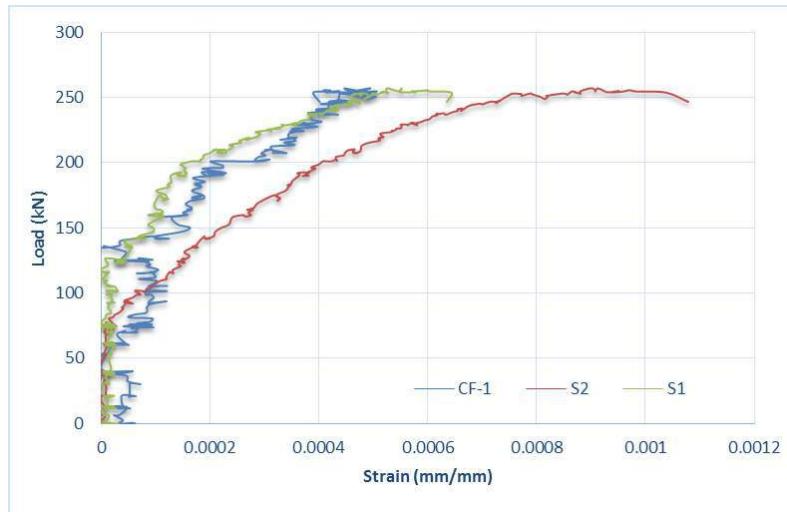


**Figure 4. Failure Mode**



**Figure 5. Load-Strain of the Three Specimens**

Figure 6 compares between strains measured by S1, S2, and CF-1 for specimen B3. Results highlighted that strains developed in both stirrups were higher than the one developed in the CFRP. This result supports the finding obtained earlier that CFRP contribution to the shear capacity of beam reinforced with transverse steel would be lower than the unreinforced one.



**Figure 6. Load-Strain of Specimen B3**

Comparison between measured shear capacity and predicted shear capacity  
 Shear capacity obtained from the experimental program was compared to the one predicted by code provisions in Table 3. From the comparison, it can be detected that code provisions had conservative predictions for the shear capacity of the RC beams strengthened with CFRP. The ACI 440-08 had the closest predictions, especially for specimen B2. However, the CNR-DT had the most conservative predictions, especially for specimen B1. This result can be attributed to the fact that CNR-DT neglect the contribution of the concrete to the shear capacity. Based on that, shear capacity of specimen B1 represents the contribution of the CFRP component only. This comparison proves that some expression adopted by design guidelines need to be improved more.

**Table 13. Comparison between Measured Shear Capacity and Predicted Shear Capacity**

		Shear capacity ( $V_{Rd}$ )		
		MPa		
		B1	B2	B3
<b>Experimental results <math>V_{Rd, exp}</math></b>		160.0	164.9	254.9
<b>Code predictions</b>	ACI 440-08	82.3	121.7	161.2
	fib	66.1	100.3	135.8
	CNR-DT	41.5	77.0	112.4
<b><math>V_{Rd, exp} / V_{Rd, code}</math></b>	ACI 440-08	2.0	1.4	1.6
	fib	2.4	1.6	1.9
	CNR-DT	3.9	2.1	2.3



## CONCLUSION

In this paper, the interaction between the transverse steel reinforcement and the externally bonded CFRP was investigated. The experimental results showed that using CFRP in conjunction with transverse steel reinforcement shifted failure mode from a brittle failure to a ductile failure. Moreover, the strain developed in the externally bonded CFRP was reduced, which indicates a lower contribution to the shear capacity. Comparing shear capacity estimated by code provisions with the test results indicated that the current code provisions have a conservative prediction formulas, especially the CNR-DT (2013). Therefore, more studies are advised to have more accurate models.

## REFERENCES

- ACI committee 440. (2008). *Guide for the design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening existing structures*. ACI committee 440.
- ACI 440.2R-02 2011. *Guide for the design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening concrete structures*. Farmington Hills, USA: American Concrete Institute.
- Bousselham, A., & Chaallal, O. (2006). Behavior of reinforced concrete T-beams strengthened in shear with carbon fiber-reinforced polymer-an experimental study. *ACI Structural Journal*, 103(3), 339.
- Bousselham, A., & Chaallal, O. (2008). Mechanisms of shear resistance of concrete beams strengthened in shear with externally bonded FRP. *Journal of Composites for Construction*, 12(5), 499–512.
- Bukhari, I. A., Vollum, R. L., Ahmad, S., & Sagaseta, J. (2010). Shear strengthening of reinforced concrete beams with CFRP. *Magazine of Concrete Research*, 62(1), 65–77.
- Chen, G. M., Teng, J. G., Chen, J. F., & Rosenboom, O. A. (2010). Interaction between Steel Stirrups and Shear-Strengthening FRP Strips in RC Beams. *Journal of Composites for Construction*, 14(5), 498–509.
- Chen, G. M., Teng, J. G., Chen, J. F., & Xiao, Q. G. (2015). Finite element modeling of debonding failures in FRP-strengthened RC beams: A dynamic approach. *Computers and Structures*, 158, 167–183.
- CNR-Italian Research Council, Advisory Committee on Technical Recommendations for Construction, 2013, Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Existing Structures. Materials, RC and PC Structures, Masonry Structures (CNR-DT 200/2013). Rome, Italy.
- Fédération Internationale du Béton (fib)(2010): Shear and punching shear in RC and FRC elements, fib Bulletin 57.
- Fédération Internationale du Béton (fib) (2001). Externally bonded FRP reinforcement for RC structures. Task Group 9.3, Bulletin No. 14, Lausanne, Switzerland.
- Khalifa, A., Gold, W., Nanni, A. & Abdel Aziz, M. I. 1998. Contribution of externally bonded FRP to shear capacity of RC flexural members. *Journal of Composites for Construction* 2(4): 195-202.
- Oehlers, D. J., Visintin, P., & Lucas, W. (2015). Flexural strength and ductility of FRP-plated RC beams: Fundamental mechanics incorporating local and global IC debonding. *Journal of Composites for Construction*, 20(2), 4015046.
- Pellegrino, C, and M. (2006). Fiber-reinforced polymer shear strengthening of reinforced concrete beams: Experimental study and analytical modeling. *ACI Structural Journal*, 15(5), 720–728.



- Pellegrino, C., Maiorana, E., & Modena, C. (2009). FRP strengthening of steel and steel-concrete composite structures: an analytical approach. *Materials and Structures*, 42(3), 353–363.
- Pellegrino, C., & Modena, C. (2008). An experimentally based analytical model for the shear capacity of FRP-strengthened reinforced concrete beams. *Mechanics of Composite Materials*, 44(3), 231–244.
- Pellegrino, C., & Modena, C. (2009). Flexural strengthening of real-scale RC and PRC beams with end-anchored pretensioned FRP laminates. *ACI Structural Journal*, 106(3), 319.
- Pellegrino, C., Modena, C., & pellegrino, C, and M. (2002). Fiber reinforced polymer shear strengthening of reinforced concrete beams with transverse steel reinforcement. *Journal of Composites for Construction*, 6(2), 104–111.
- Pellegrino, C., & Vasic, M. (2013). Assessment of design procedures for the use of externally bonded FRP composites in shear strengthening of reinforced concrete beams. *Composites Part B: Engineering*, 45(1), 727–741.



## THE IMMOBILIZATION OF SULFAMETHAZINE ON LANGERMANNIA GIGANTEAN and EXPLORING OF ADSORPTION MODELS

Vahap Yonten

Department of Chemistry and Chemical Technology Process, Vocational School, Munzur University, Tunceli, Turkey, [vyonten@munzur.edu.tr](mailto:vyonten@munzur.edu.tr)

Hevidar Alp

Department of Food Process, Vocational School, Munzur University, Tunceli, Turkey, [halp@munzur.edu.tr](mailto:halp@munzur.edu.tr)

Nuran Cikcikoglu Yildirim

Department of Environmental Engineering, Munzur University, Tunceli, Turkey, [nurancyildirim@gmail.com](mailto:nurancyildirim@gmail.com)

Numan Yildirim

Department of Environmental Engineering, Munzur University, Tunceli, Turkey, [numanyildirim@munzur.edu.tr](mailto:numanyildirim@munzur.edu.tr)

**ABSTRACT:** In this study, the immobilization of Langmannia gigantean culture on indigenius fungus that collected in Tunceli region and both is used as a broad spectrum antibiotic and widely used as an environmental waste was investigated. After the immobilization process was carried out the adsorption model of the process was investigated and analytically calculated comparisons of the results with the Freundlich and Langmuir adsorption isotherms were given. Due to the shape of these isotherms, the sorption data were calculated according to Freundlich and Langmuir equations as given in below (a-b) equations [1,2].

$$q_e = K_F C_e^{1/n} \quad (a)$$

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{K_L C_e} + \frac{1}{Q_m} \quad (b)$$

where  $q_e$  is the amount of the dye per unit weight of *L. gigantean* immobilized on fungus ( $\text{mg g}^{-1}$ ),  $C_e$  the equilibrium concentration of the dye ( $\text{mg L}^{-1}$ ), while  $K_F$ ,  $K_L$  and  $n$  are constants that give estimates of the adsorption capacity and intensity, respectively.  $K_L$  is a direct measure of the intensity of the adsorption process ( $\text{L mg}^{-1}$ ), and  $q_m$  is a constant relating to the surface area occupied by a monolayer of the dye, reflecting the adsorption capacity ( $\text{mg g}^{-1}$ ). Based on the data of  $q_e$  from the fittings of the pseudo-second order adsorption rate model,  $q_m$  and  $K_L$  can be determined from its slope and intercept from a typical plot of  $1/q_e$  versus  $1/C_e$ . In Eq. (7), The slope  $n^{-1}$ , ranging between 0 and 1, is a measure for the adsorption intensity or surface heterogeneity.  $K_F$  is a constant for the system, related to the bonding energy.  $K_F$  can be defined as adsorption or distribution coefficient and represents the general capacity of the dye adsorbed on to fungi for a unit equilibrium concentration. The results of isotherms fitted by using the data of adsorption capacity from the regression of Eq. (b). At the same time the values of  $K_L$  and  $K_F$  define a measure of the adsorption capacity. As indicated in work, the Freundlich models yields a somewhat better than Langmuir models on adsorption of dye on fungi as reflected with



correlation coefficients ( $R^2$ ) of 0.94 and 0.90, respectively. As indicated some study they found same validation like our [3,4,5]. Comparison of adsorption capacity observed in this work with other adsorption capacities in the literature is given in this text. As a result, the environmental pollutant SM was immobilized to the indigenus fungus Langermannia gigantean and adsorption modeling was carried out successfully.

**Key words:** Adsorption, Immobilization, Langermannia gigantean, Sulfamethazine,

## LANGERMANNİA GİGANTEAN ÜZERİNDEKİ SÜLFAMETAZİN İMMOBİLİZASYONU ve ADSORPSİYON MODELLERİNİN İNCELENMESİ

**ÖZET:** Bu çalışmada, geniş spektrumlu antibiyotik olarak kullanılan ve kullanıldıktan sonra çevresel bir atık olarak yaygın bulunan Sulfametazin'in (SM) Tunceli bölgesinde toplanan yerel bir fungus olan Langermannia gigantean kültürü üzerindeki immobilizasyonu incelenmiştir. İlgili çalışmada immobilizasyon işlemi gerçekleştirildikten sonra prosesin hangi adsorpsiyon modeline uydugu araştırılarak sonuçların Freundlich and Langmuir adsorpsiyon izotermelerine uyumu analitik olarak hesaplanmış ve karşılaştırılmaları verilmiştir. Aşağıdaki eşitliklerde (a) Freundlich ve (b) Langmuir denklemleri kullanılarak model sabitleri ve katsayılar hesaplanmıştır (1-2).

$$q_e = K_F C_e^{1/n} \quad (a)$$

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{K_L C_e} + \frac{1}{Q_m} \quad (b)$$

Burada  $q_e$  fungus üzerinde adsorplanan SM miktarını ifade ederken,  $(\text{mg g}^{-1})$ ,  $C_e$  ise antibiyotiğin denge konsentrasyonunu  $\text{mg L}^{-1}$  olarak tanımlar. Eşitliklerde  $K_F$ ,  $K_L$  ve  $n$  adsorpsiyon kapasite ve yoğunluğunun bize verdiği katsayı ve terimlerdir.  $K_L$  direkt olarak Langmuir Adsorpsiyon izotermi için adsorpsiyon yoğunluğunun  $\text{L mg}^{-1}$  olarak gösterir.  $q_m$  ise yüzey ile antibiyotiğin oluşturduğu monotabaka arasındaki adsorpsion kapasitesini  $\text{mg g}^{-1}$  şeklinde ifade eder. Katsayılar  $q_e/C_e$  'ye karşı  $C_e$  'nin grafiğe geçirilerek ilgili grafiğin eğim ve kaymasından  $q_m$  ve  $K_L$  bulunmuştur (1). Eğim  $n^{-1}$  'in 0 ile 1 arasındaki değerleri adsorpsiyonun geçerliliğini gösterir.  $K_F$  Freundlich Adsorpsiyon İzotermi için bir katsayıdır ve SM' nin her denge birim konsantrasyonunda adsorpsiyon veya etki katkısı olarak tanımlanır aynı zamanda bağ enejisi ile alakalı bir terimdir.

At the same time the values of  $K_L$  and  $K_F$  define a measure of the adsorption capacity. Çalışmamızda verilen Tablo 4 te de görüldüğü gibi Freundlich Adsorpsiyon modeli  $R^2 \% 94$  değeri ile, % 90  $R^2$  Langmuir Adsorpsiyon modelinden daha iyi sonuç vermiştir. Bu korelasyon sabiti yine bazı çalışmalarında da bizim verilerimize yakın ve anlamlı çıkmıştır [3,4,5]. Bizim bulduğumuz adsorpsiyon kapasiteri ile literatür karşılaştırmaları yapılarak incelenmiştir. Sonuç olarak kirletici olarak kullanılan SM başarılı bir şekilde indigenus fungus Langermannia gigantean'a immobilize edilmiş ve adsorpsiyon modellemesi yapılmıştır.

**Anahtar sözcükler:** Adsorpsiyon, İmmobilizasyon, Langermannia gigantean, Sulfametazin



- Langmuir, I. (1918). The adsorption of gases on plane surfaces of glass, mica and platinum, *J. Am. Chem. Soc.* 40, 1361–1403.
- Freundlich, H.M.F. (1906). Over the adsorption in solution, *J. Phys. Chem.* 57, 385–471.
- Tsai, W. T. & Lai, C.W. & Su, T.Y., (2006). Adsorption of bisphenol-A from aqueous solution onto minerals and carbon adsorbents, *Jornal of Hazardous Material B*, 134, 169–175.
- Zhou, Y. & Chen, L. & Lu, P. Tang, X. & Lu, J. (2011). Removal of bisphenol A from aqueous solution using modified fibric peat as a novel biosorbent, *Separation Purification Technology*, 81,184–190.
- Yonten, V. & Tanyol, M. & Yildirim, N. & Yildirim, N.C. & Ince, M. (2016). Optimization of Remazol Brilliant Blue R dye removal by novel biosorbent *P. eryngii* immobilized on amberlite XAD-4 using response surface methodology. *Desalination and Water Treatment*, p. 57,15592-15602



## PERFORMANCE ANALYSIS OF FEATURE EXTRACTION METHODS IN SPEAKER RECOGNITION

Zülfikar ASLAN

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

zulfikaraslan27@gmail.com

Mehmet AKIN

Dicle Üniversitesi

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

makin@dicle.edu.tr

**ABSTRACT :** The task of speaker recognition over voice signals has found several application areas in the literature and still been one of the prominent topics. In this study, various feature extraction methods over voice recordings are applied and their performance in speaker discrimination is observed. The paper utilizes several of widely used methods, such as LPC, LPCC, MFCC, PLP and RASTA-PLP, and presents their performance. As a result, it is observed that by using cepstral analysis methods like LPCC and MFCC, a performance of around 97% is obtained.

**Keywords:** Wavelet, Automatic Speaker Recognition, LPC, LPCC, MFCC, PLP, RASTA-PLP, PCA, MultiLayer Perceptron.

## KONUŞMACI TANIMADA ÖZELLİK ÇIKARIM METOTLARININ PERFORMANS ANALİZİ

**ÖZET :** Ses kayıtları üzerinden konuşmacı tespiti literatürde pek çok uygulama alanı bulmuş ve halen önemini koruyan konulardan birisidir. Bu çalışmada, ses kayıtları üzerinde farklı özellik çıkarım metodları kullanılarak konuşmacı tanımadaki başarımları gözlemlenmiştir. Bu çalışmada literatürde sık kullanılan LPC, LPCC, MFCC, PLP ve RASTA-PLP metodları kullanılarak özellik çıkarımları uygulanmış ve başarımları incelenmiştir. Sonuç olarak LPCC ve MFCC gibi kepstral özellik çıkarımları ile 97% civarında başarı elde edildiği gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Dalgacık Dönüşümü, Otomatik konuşmacı tanıma, LPC, LPCC, MFCC, PLP, RASTA-PLP, PCA, Çok katmanlı algılayıcı.

### GİRİŞ

Kaydedilmiş ses dosyalarından otomatik konuşmacı tespiti, literatürde önemini koruyan konulardan birisidir. Gerçek dünyada analog olarak bulunan ses, bilgisayar ortamında doğrudan orijinalinin aynısı olarak kaydedilememekte ve çeşitli işlemlerden geçirilerek digitize edilmektedir [20]. Elde edilen bu sayısal bilgi çeşitli istatistiksel ve spektral pek çok metot kullanılarak analiz edilebilmektedir. Bu analiz sonucu, konuşmacının kim olduğu otomatik olarak ayırtedilmesi literatürde önemini koruyan alanlardan birisidir [21]. Bu tarz otomatik sistemler gerçek hayatı önemli uygulama alanları da bulmuştur.



Örneğin, adli incelemeler, telefon bankacılığı, sesli komutlarla çalışan kişisel bilgisayarlar bunlara verilebilecek sık görülen uygulamalardır.

Otomatik konuşmacı tespitinde ilk ve en önemli adım, ses sinyali içindeki igili özelliklerin çıkarılmasıdır. Ses sinyali, kısa aralıklar için incelendiğinde yerleşik (stationary) özellik gösterdiği gözlemlenirken, daha uzun aralıklar incelendiğinde bu durumun değiştiği görülmektedir[26]. Dolayısıyla, özellik çıkarımı yapılırken, genel olarak ses sinyalindeki kısa aralıklar analiz edilmesi literatürde sık kullanılan bir yaklaşımdır. Özellikle kepstral analiz yapan metotlar, LPCC [22] ve MFCC [23] metotları bahsedilen yaklaşımı sahiptir. Fakat kepstral analiz, literatürde ses üzerinden özellik çıkarımı için kullanılan tek yaklaşım değildir. LPC [24], PLP ve RASTA-PLP [25] da kullanılan diğer yaklaşılardandır. Ayrıca, dalgacık dönüşümü gibi frekans üzerinden dönüşümü yapan metotları kullanarak da ses sinyali içindeki ayırtedici özellikler çıkarılabilir.

Bu çalışmada ses sinyalleri, farklı özellik çıkarım metotları ile tek tek analiz edilmiştir, elde edilen bu özellikler makine öğrenmesi metodlarından Çok Katmanlı Algılayıcı (ÇKA) kullanılarak sınıflandırma yapılmış ve farklı metotların başarımları gözlemlenmiştir. Çalışmanın amacı, farklı özellik çıkarımı metodlarının sınıflandırma başarısına etkisini analiz etmektir. Böylece, konuşmacı tespiti sistemlerinde farklı konuşmacılara ait ses karakteristiklerini hangi özellik çıkarım metodıyla daha başarılı bir şekilde temsil edilebileceği ortaya konulacaktır.

Belge iki bölümden oluşmaktadır, birinci bölümde kullanılan veri seti ve metodlar tek tek açıklanacaktır. İkinci bölümde ise, farklı metodlara ait deneyel çalışma sunulacak ve sonuçlar açıklanacaktır.

## MATERIAL VE METOT

### *Veri Seti*

Bu çalışmada ki veri seti, 5 farklı kelimenin, 6 erkek ve 4 bayandan oluşan 10 farklı kişi tarafından her bir kelimenin 10 kez tekrarlanmasıyla elde edilen ses kayıtlarından oluşmaktadır. Toplam olarak her bir kişiden 100 adet toplamda ise 500 adet ses dosyası kaydedilmiştir. Ses kayıtları bilgisayar ortamında dinamik mikrofon yardımı ile mono ve 16 bit olarak kaydedilmiştir. Ses kayıtlarının frekansı 11025 Hz olarak kullanılmıştır. Oluşturulan her bir ses dosyasının uzunluğu eşitlenerek, 9000 uzunluklu vektörlere dönüştürülmüştür. Bu çalışmada 500\*9000'lik matris olarak sayısal ortama aktarılırak kullanılacak veri seti elde edilmiştir.

### *Metod*

#### *Dalgacık Dönüşümü Ayrışımı (Wavelet Decomposition)*

Wavelet serisi veya dönüşümü, verilen bir fonksiyonun ortonormal (birbirine dik birim uzunluklu) terimlerin toplamı olarak ifade edilmesidir. Elde edilen bu seri, en popüler zaman-frekans dönüşümlerinden biridir [1]. Daha biçimsel olarak ifade edilirse,  $\Phi(x)$  wavelet için bir çevrim fonksiyonu gibi düşünüldüğünde,

$$\Phi_{(s,l)}(x) = 2^{\frac{-s}{2}} \Phi(2^{-s}x - l) \quad (1)$$

$\Phi(x)$ , s ve l tam sayı değişkenleri yardımıyla dönüşümün ölçegini ve yayılmasını kontrol edeceğimiz bir fonksiyon olarak tanımlanır. Örneğin bu çalışmada kullanılan Daubechies wavelet kategorisindeki dönüşümler bu şekilde çalışmaktadır. s değişkeni genişliği, l değişkeni ise konum indeksini vermektedir. Böylece, farklı terimler ile dönüştürülecek uzayın baz vektörlerini elde etmiş oluruz. Dönüşüreceğimiz uzayın tamamını kaplamak için bu terimlerin bir toplamı kullanılmaktadır.

$$W(x) = \sum_{k=-1}^{N-2} (-1)^k c_{k+1} \Phi(2x + k) \quad (2)$$

$W(x)$  ölçekleme fonksiyonu,  $c_k$  ise wavelet katsayılarıdır. Bu katsayılar, aşağıdaki kısıtları sağlamaktadır:

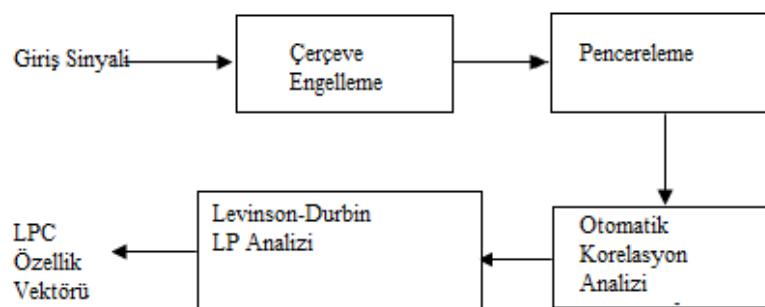
$$\sum_{k=0}^{N-1} c_k = 2, \sum_{k=0}^{N-1} c_k c_{k+2l} = 2\delta_{l,0} \quad (3)$$

$\delta$ , delta fonksiyonunu,  $l$  ise konum indeksini göstermektedir. Bahsedilen kısıtları sağlayan katsayılar belirlenerek, wavelet istenen probleme adapte olabilmektedir. Böylece bir  $f(x)$  fonksiyonu, istenen derecede ve sayıda terimin toplamı olarak wavelet dönüşümü şeklinde elde edilebilmektedir. Elde edilen bu terimler, verilen sinyalin farklı bileşenlerini temsil etmektedir ve bu bileşenler ayrı ayrı analiz edilerek, orijinal sinyalde görünür olmayan pek çok özellik ortaya çıkarılabilirler.

Bizim çalışmamızda Daubechies türünde wavelet dönüşümü yapılmış ve bu dönüşüm sonrası elde edilen farklı bileşenler (örneğin db4 veya db10) analiz edilerek, sese ait karakteristik özellikler çıkarılmıştır.

### **Doğrusal Öngörü Kodlama (Linear Predictive Coding)**

Doğrusal Öngörü Kodlama (LPC), birkaç önceki örneklerin doğrusal bileşimi olan matematiksel bir hesaplamalı işlemidir. LPC [2] [3] konuşmanın temel parametrelerini tahmin etmede baskın bir teknik haline gelmiştir. Hem konuşma parametrelerinin doğru bir tahmini sağlar hem de konuşmanın verimli bir hesaplamalı modelidir. LPC'nin arkasındaki temel fikir, bir konuşma örneğinin geçmiş konuşma örneklerinin doğrusal bileşimi olarak yaklaştırılabilmesidir. Gerçek konuşma örnekleri ile tahmin edilen değerler arasındaki (sınırlı bir aralıktı) karesel farklılıkların toplamını en aza indirgeyerek benzersiz bir parametre seti veya öngörücü katsayıları belirlenebilir. Bu katsayılar konuşma LPC'sinin temelini oluşturmaktadır [4]. Aşağıdaki Şekil 1, LPC özelliği çıkarma işlemine ait adımları göstermektedir.



**Şekil 1. LPC Akış Diyagramı [5].**



### ***Doğrusal Tahmin Kepstral Katsayıları(Linear Prediction Cepstral Coefficient)***

Doğrusal Tahmin Kepstral Katsayısı (LPCC) yöntemi temelde, LPC yöntemi ile elde edilmiş özellikler üzerinde cepstral analiz uygulamak için kullanılır. LPC, sinyalin spektrumunu hesaplamak için kullanılır [4]. Konuşma örneklerini, geçmiş örneklerin doğrusal bileşimi olarak yaklaştırır. Bu şema geçmiş örnekler ve belirli sonlu aralıklar üzerinde doğrusal olarak tahmin edilen örnekler arasındaki karesel farkın toplamını en iyi hale getirir. Tahmin edici katsayıların benzersiz kümesi, bu farkın asgariye indirilmesi ile belirlenebilir. Konuşma sinyalinin ön vurgusu konuşma sinyali yelpazesini düzleştirmenin ilk adımıdır. Önceden vurgu, sinyaldeki yüksek frekansları artırır. Bir sonraki adım, sinyali çerçeveye almak ve konuşma çerçevesindeki spektrum sizintisini azaltmak için pencere fonksiyonuyla çarpmaktır. Ses yolu modeli, tüm kutup modeliyle temsil edilebilir. LPC kullanılarak otomatik regresyon katsayılarının seti elde edilir. Son adımda, cepstrum, cepstral analiz vasıtasıyla hesaplanır. Cepstral katsayıları, bir dizi özyinelemeli işlem aracılığıyla LPC'den hesaplanabilir[7].

### ***Mel Frekansi Kepstral Katsayıları(Mel Frequency Cepstral Coefficients)***

Ses işlemede, mel-frekans cepstrum (MFC), bir frekansın doğrusal olmayan mel skalasındaki bir log güç tayfinin doğrusal bir kosinus transformasyonuna dayanan, bir sese ait kısa vadeli güç spektrumunun bir gösterimidir. Mel frekanslı cepstral katsayıları (MFCC), bir MFC'yi topluca oluşturan katsayılardır. Ses sinyalinin bir tür cepstral gösteriminden türemiştir (doğrusal olmayan "spektrumun bir spektrumu"). Cepstrum ve mel-frekans cepstrum arasındaki fark, MFC'de frekans bantlarının, normal cepstrumda kullanılan doğrusal aralıklı frekans bantlarından daha yakın olarak insan ses sistemi tepkisini yaklaşık olarak mel ölçünginde eşit aralıklarla yerleştirilmiş olmalıdır. Bu frekans çarpıklığı, örneğin ses sıkıştırmasında daha iyi bir ses temsilini sağlayabilir. MFCC'ler, konuşma tanıma sistemlerinde, bir telefonla konuşulan numaraları otomatik olarak tanıabilecek sistemler gibi yaygın olarak kullanılır. Konuşmacıların tanınmasında, aynı zamanda insanların seslerinden tanınması görevini de beraberinde gerçekleştirilebilmektedirler [8].

### ***Algusal Doğrusal Öngörü (Perceptual Linear Predictive)***

Herman Sky tarafından 1990'da geliştirilen Algusal Doğrusal Tahmin (PLP) modeli. Özgün PLP modelinin amacı, özellik çıkarımı sürecinde insan işitme psikofiziklerini daha doğru tanımlamaktır. PLP, LPC analizine benzer, kısa süreli konuşma spektrumuna dayanmaktadır. Konuşmanın saf doğrusal prediktif analizinin aksine, PLP, konuşmanın kısa dönem spektrumunu çeşitli psikofizik temelli dönüşümlerle modifiye eder[5].

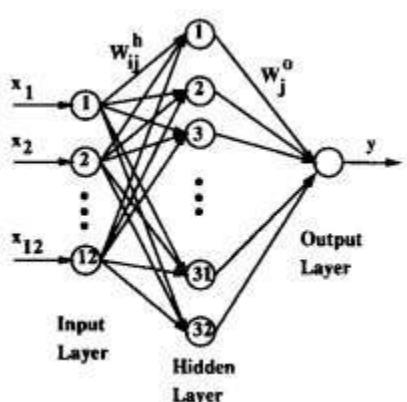
### ***Bağıl Spektrum Algusal doğrusal Tahmin Edici (Relative Spectra Perceptual linear Predictive)***

Bağıl Spektrum Algusal doğrusal tahmini edici(RASTA-PLP), konuşmanın kısa dönem spektrumuna bağlıdır. PLP sonuçlarının iyileştirilmesi için konuşmanın farklı psikolojik temelli dönüşümeye dayalı kısa vadeli spektrumu kullanılır. Lineer tahminli konuşma analizi tekniği kısa süreli konuşma spektrumuna dayanmaktadır. Düşük ses seviyeli konuşmayı

düşük bit hızında kodlamak için en güçlü konuşma analizi tekniğinden ve en kullanışlı yöntemlerden biridir. Konuşma parametrelerinin son derece kesin bir şekilde tahmin edilmesini sağlar. Kısa vadeli spektral değerler, iletişim frekans cevabı tarafından değiştirilir ve bu da bu teknigi savunmasız hale getirir. Rasta işleme, konuşma tanıma için öznitelik çıkarımı, iyileştirme ve bastırma yaklaşımlarıdır. Rasta işlemi, verilerin önceki bağlamına bağımlılığını arttırır. Rasta işlemi, kelime modelinde oldukça başarılıdır. RASTAfiltresi ya log spektral ya da Cepstral alanlarında kullanılabilir[9-11].

### **Çok Katmanlı Algılayıcı (Multi Layer Perceptron)**

Yapay sinir ağları [12], özellikle dikkate alınan görevin altında yatan istatistiklerin iyi anlaşılmadığı durumlarda kullanılır ve girdi ile çıktılar arasındaki karmaşık dönüşümleri öğrenir. Sinir ağları konuşma işleminde kullanımı gittikçe yaygınlaşmaktadır[13, 14] ve sadece yakın zaman önce konuşmacı tanıma için düşünülmüştür [15-16].



**Şekil 2. Tek Gizli Katmanlı MLP**

Şekil 2' de bir giriş katmanı, bir gizli katman ve bir çıktı katmanı içeren bir MLP gösterilmiştir. MLP, perceptron adı verilen basit nöronların bir ağıdır. Tek bir perceptronun temel konsepti 1958'de Rosenblatt tarafından ortaya atılmıştır. Perceptron, giriş ağırlıklarına göre doğrusal bir kombinasyon oluşturarak ve daha sonra bazı doğrusal olmayan aktivasyon fonksiyonu ile çıktıyı koyarak, çok sayıda gerçek değerli girdiden tek bir çıktı hesaplar [17]. Matematiksel olarak bu, şu şekilde yazılabilir:

$$y = \varphi(\sum_{i=1}^n w_i x_i + b) = \varphi(w^T x + b) \quad (4)$$

Bir ileri beslemeli ağ tarafından gerçekleştirilen, Lineer olmayan aktivasyon fonksiyonlarına sahip tek bir gizli katman ve doğrusal bir çıkış katmanı için uygulanacak hesaplamlar matematiksel olarak aşağıdaki gibi yazılabılır:

$$x = f(s) = B\varphi(As + a) + b \quad (5)$$

Burada  $s$  bir girdi vektörü ve  $x$  bir çıkış vektördür.  $A$  birinci tabakanın ağırlık matrisi,  $a$  birinci tabakanın ön gerilim vektöridür.  $B$  ve  $b$ , sırasıyla, ikinci katmanın ağırlık matrisi ve önyargı vektöridür.  $\varphi$  işlevi, elemanlı bir doğrusal olmama durumunu belirtir. MLP'nin denetlenen öğrenme problemi, geri yayılım algoritması [18] ile çözülebilir. Algoritma iki aşamadan oluşur. İleri geçişte verilen girdilere karşılık gelen tahmini çıktılar Denklem(5)'de olduğu gibi değerlendirilir. Geriye doğru geçişte, maliyet fonksiyonunun farklı



parametrelere göre kısmi türevleri şebeke boyunca geri yayılır. Farklılaşma zinciri kuralı, ileri geçişte olanlar gibi geriye doğru geçiş için çok benzer hesaplama kuralları verir. Ağ ağırlıkları daha sonra gradyan tabanlı optimizasyon algoritması kullanılarak uygulanabilir. Ağırlıklar birleşinceye kadar tüm süreç yinelenir [19].

## DENEYSEL SONUÇLAR

Bölüm 2.1'de bahsedildiği şekilde elimizdeki 500 adet ses dosyası gerekli dönüşümler yapıldıktan sonra her bir ses dosyası 9000 uzunluklu bir vektöre dönüştürülmüştür. Bu vektörleri üzerinden makine öğrenmesi metotları kullanılarak, her ses dosyasının hangi konuşmaciya ait olduğu otomatik olarak belirlenecektir. Fakat gerek bu vektörlerin makine öğrenmesi metodlarının başarılı ve hızlı sonuç çıkarması için çok uzun olması gereksiz de bu vektörlerin konuşmaciya ait ses karakteristiklerini doğrudan içermemesi sebebiyle, bu vektörlerin öncelikli olarak özellik çıkarım metodları ile analiz edilmesi gerekmektedir. Bu bölümde, birbirinden farklı özellik çıkarım metodlarının, konuşmacı tanıma sisteminin genel başarısına katkısı deneysel sonuçlar eşliğinde verilecek ve tartışılacaktır.

Özellik çıkarım metodlarından ilki, dalgacık dönüşümü kullanılarak elde edilen bileşenler üzerinden çeşitli istatistiksel hesaplamalar yoluyla yeni özellikler çıkarılmıştır. Bu yaklaşımın, Db10 dalgacık dönüşümü yoluyla, ses dosyası çeşitli bileşenlere ayrılmış, akabinde her bileşen üzerinde sırasıyla entropy, güç spektrumu ve standart sapma değerleri hesaplanarak yeni özellikler çıkarılmış ve bu özelliklerle ÇKA kullanılarak sınıflandırma yapılmıştır. Tablo 1'de bahsedilen yöntem ile elde edilen sınıflandırma başarımı gösterilmiştir.

**Tablo 1. Dalgacık dönüşümü ve istatistiksel hesaplamalarla özellik çıkarımının sınıflandırma başarımı**

	Standart			
	Entropy	Güç Spektrum	Sapma	Ortalama
<b>1</b>	0,726	0,931	0,784	0,814
<b>2</b>	0,84	0,96	0,834	0,878
<b>3</b>	0,848	0,96	0,829	0,879
<b>4</b>	0,834	0,949	0,749	0,844
<b>5</b>	0,762	0,889	0,806	0,819
<b>Ortalama</b>	0,802	0,938	0,800	
<b>Özellik Sayısı</b>	4	388	4	

Tablo 1'de görüldüğü üzere güç spektrumu uygulanarak elde edilen sınıflandırma başarımının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Fakat güç spektrumu yoluyla elde edilen özellik sayısı diğerlerine göre fazla olduğu için bu metodla elde edilen özelliklerin ÇKA'da işlenmesi daha uzun sürecegi için gerçek zamanlı bir sistemde güç spektrumuna göre entropy ve standart sapma gibi daha basit yöntemler hız açısından daha tercih edilebilir görünmektedir.

İkinci özellik çıkarım yaklaşımında, LPC metodu yoluyla elde edilen özellikler kullanılmıştır. LPC metodu konuşmaciya ait spektral özelliklerini çıkarmaya çalışan bir metottur. Bu özellikler çıkarılırken, metot kaçınıcılık dereceden (order) analiz yapılacağı



önceyen belirlenmelidir. Ve seçilen dereceye göre özellik sayısı değişmektedir. Tablo 2'de seçilen bazı dereceler, bu derecelere göre çıkarılan özellik sayısı ve son olarak her bir seçilen derecede ki sınıflandırma başarımı verilmiştir.

**Tablo 2. LPC metodu ile özellik çıkarımında farklı derecelere bağlı sınıflandırma başarımları**

	<b>Order=5</b>	<b>Order=7</b>	<b>Order=9</b>	<b>Order=12</b>
<b>1</b>	0,922	0,94	0,959	0,950
<b>2</b>	0,97	0,94	0,99	0,970
<b>3</b>	0,98	0,98	0,95	0,950
<b>4</b>	0,96	0,97	0,97	0,980
<b>5</b>	0,93	0,939	0,96	0,980
<b>Ortalama</b>	0,952	0,954	0,966	0,966
<b>Özellik Sayısı</b>	19	25	31	40

Tablo 2'de görüldüğü üzere, seçilen derecelerin başarım üzerindeki etkisi zayıftır ve genellikle sonuçlar birbirine yakın çıkmaktadır. Seçilen dereceler büyündükçe, çıkan özelliklerin sayısı da artmaktadır ve buna bağlı olarak performansta yine de ufak bir iyileşme gözlemlenmektedir.

**Tablo 3. LPCC metodu ile özellik çıkarımında farklı kepstra sayılarına bağlı sınıflandırma başarımları**

	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	0,97	1	0,93
<b>2</b>	0,97	0,99	0,889
<b>3</b>	0,97	0,98	0,95
<b>4</b>	0,97	0,959	0,889
<b>5</b>	0,93	0,95	0,879
<b>Ortalama</b>	0,962	0,976	0,907
<b>Özellik Sayısı</b>	31	16	10

Üçüncü özellik çıkarım yaklaşımında, LPCC metodu kullanılmıştır. Bu metot ses içindeki kepstral özellikleri analiz etmeye çalışmaktadır ve bu esnada çıkışta kaç bileşen istendiği önceden belirlenmek zorundadır. Yine LPC metotunda olduğu gibi, çıkışta istenen bileşen ve özellik sayısı değiştirilerek, birden fazla sonuç elde edilmiş ve Tablo 3'de bu sonuçlar verilmiştir. Tablo 3'de görüldüğü üzere, LPCC ile yapılan özellik çıkarım sonrası sınıflandırma başarımı kepstra sayısına bağlı olarak oldukça değişkenlik göstermektedir. 5 ve 10 kepstra alındığında başarım 96%-97% civarlı iken, kesptra sayısı 3'e düşüğünde başarım da 90% civarına düşmektedir.

Üçüncü olarak, başka bir kepstral metot olan MFCC kullanılarak özellik çıkarımı yapılmıştır. MFCC metodu kullanılırken varsayılan olarak 12 katsayıya göre analiz yapılmıştır. İkinci bir opsiyon olarak da, 12 katsayıya ek olarak log-enerji, 0. Kepstral katsayı, delta ve delta-delta katsayıları da dahil edilerek yeni bir özellik çıkarımı da yapılmıştır. Her iki özellik çıkarımı sonucu elde edilen sınıflandırma başarımı Tablo 4'de gösterilmektedir.

**Tablo 4. MFCC metodu kullanılarak elde edilen özelliklerin sınıflandırma başarımları.**

	<b>Varsayılan katsayıya göre</b>	<b>12 12 katsayıya ek olarak diğer katsayılar dahil</b>
<b>1</b>	0,93	0,96
<b>2</b>	0,99	0,99
<b>3</b>	0,96	0,98
<b>4</b>	0,931	0,98
<b>5</b>	0,95	0,98
<b>Ortalama</b>	0,952	0,978
<b>Özellik Sayısı</b>	37	127

Tablo 4'de görüldüğü üzere, MFCC kullanırken alınacak olan ekstra katsayılar başarımı ortalamada %2 civarında iyileştirmiştir. Fakat 37 tane olan özellik sayısı 127'e çıkmıştır. Dolayısıyla, özellik sayısı ile başarım arasında bir doğru orantıdan söz edilebilirken, doğal olarak özellik sayısı ile hız arasında da ters orantı bulunmaktadır.

**Tablo 5. PLP ve RASTA-PLP metotları ile yapılan özellik çıkarımı sonucu sınıflandırma başarımları**

	<b>PLP</b>	<b>RASTA-PLP</b>
<b>1</b>	0,805	0,689
<b>2</b>	0,722	0,623
<b>3</b>	0,775	0,655
<b>4</b>	0,826	0,674
<b>5</b>	0,929	0,927
<b>Ortalama</b>	0,811	0,714
<b>Özellik Sayısı</b>	81	81

Son olarak, ses sinyalini analiz etmek ve özellik çıkarmak için PLP ve RASTA-PLP metotları kullanılmıştır. Bu metotlar ile edilen özellikler yoluyla yapılan sınıflandırma başarımı Tablo 5'de verilmektedir. Tabloda görüldüğü üzere, PLP yoluyla yapılan analiz sonucu başarım RASTA-PLP'ye göre daha yüksektir. Her iki metot da aynı sayıda özellik çıkarmaktadır.

Bu bölümde kullanılan birbirinden farklı 5 özellik çıkarım metodu ile sınıflandırma başarımları gösterilmiştir. Sonuç olarak, kepstral analiz yapan metodların daha başarılı olduğu gözlenmiştir. LPCC ve MFCC ile yapılan sınıflandırma başarımı 97% civarındır. Bunlara yakın olan ikinci yaklaşım LPC'dir, onun başarımı da 96% civarındadır. Diğer metodlar (PLP, RASTA-PLP, Dalgacık dönüşümü) 70% ile 80% arasında bir sınıflandırma başarımı göstermiştir, buna sadece dalgacık dönüşümü ve güç spektrumu kombinasyonu istisna olarak gösterilebilir. Dolayısıyla, konuşmacı tanıma sırasında kepstral özelliklerin



konuşmacıya ait ses karakteristiklerini ayırtetme konusunda diğerlerine göre çok daha başarılı olduğu gözlemlenmiştir.

## SONUÇ

Bu çalışmada konuşmacı tanıma işlemi için otomatik bir sistemin gereksinimi olan özellik çıkarma metotları başarımları açısından incelenmiştir. İncelenen metotlar, dalgacık dönüşümü, LPC, LPCC, MFCC, PLP ve RASTA-PLP'dir. Sonuç olarak, kepstral analiz yapan LPCC ve MFCC metodlarının diğerlerine göre konuşmacı tanıma işleminde daha başarılı olduğu deneysel çalışmalar sonucunda gözlemlenmiştir. Bu metotlar kullanılarak başarım 97%'e kadar çıkabilmektedir, bu da oldukça tatmin edici bir sonuç olarak değerlendirilmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] Graps, A. (1995). An introduction to wavelets. *IEEE computational science and engineering*, 2(2), 50-61.
- [2] Dumitru, C. O., & Gavat, I. (2006, June). A comparative study of feature extraction methods applied to continuous speech recognition in Romanian Language. In *Multimedia Signal Processing and Communications, 48th International Symposium ELMAR-2006 focused on* (pp. 115-118). IEEE.
- [3] O'Shaughnessy, D. (2003). Interacting with computers by voice: automatic speech recognition and synthesis. *Proceedings of the IEEE*, 91(9), 1272-1305.
- [4] Maheswari, N. U., Kabilan, A. P., & Venkatesh, R. (2010). A hybrid model of neural network approach for speaker independent word recognition. *International Journal of Computer Theory and Engineering*, 2(6), 912.
- [5] Kumar, J., Prabhakar, O. P., & Sahu, N. K. (2014). Comparative Analysis of Different Feature Extraction and Classifier Techniques for Speaker Identification Systems: A Review. *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering*, 2(1), 2760-2269.
- [6] Yusnita, M. A., Paulraj, M. P., Yaacob, S., Fadzilah, M. N., & Shahriman, A. B. (2013). Acoustic analysis of formants across genders and ethnical accents in Malaysian English using ANOVA. *Procedia Engineering*, 64, 385-394.
- [7] Dhone, S. B., & Jagade, S. M. (2015). Feature extraction techniques in speaker recognition: A review. *International Journal on Recent Technologies in Mechanical and Electrical Engineering (IJRMEE)*, 2(5), 104-106.
- [8] Chowdhury, M. H. (2014). *Speech based gender identification using empirical mode decomposition (EMD)* (Doctoral dissertation, BRAC University).
- [9] Hermansky, H., & Morgan, N. (1994). RASTA processing of speech. *IEEE transactions on speech and audio processing*, 2(4), 578-589.
- [10] “[http://shodhganga.inflibnet.ac.in/bitstream/10603/74751/12/12\\_chapter%203.pdf](http://shodhganga.inflibnet.ac.in/bitstream/10603/74751/12/12_chapter%203.pdf)” 06.07.2017
- [11] Kwon, O. W., Chan, K., & Lee, T. W. (2003). Speech feature analysis using variational Bayesian PCA. *IEEE Signal Processing Letters*, 10(5), 137-140.
- [12] Lippmann, R. (1987). An introduction to computing with neural nets. *IEEE Assp magazine*, 4(2), 4-22.
- [13] Scofield, M. C. (1991). Neural networks and speech processing.
- [14] Farrell, K. R., Mammone, R. J., & Assaleh, K. T. (1994). Speaker networks recognition using neural and conventional classifiers. *IEEE Trans. Acoust. Speech Signal Process*, 2(1 part 11).



- [15] Freund, Y., & Mason, L. (1999, June). The alternating decision tree learning algorithm. In *icml* (Vol. 99, pp. 124-133).
- [16] Latifoğlu, F., Polat, K., Kara, S., & Güneş, S. (2008). Medical diagnosis of atherosclerosis from Carotid Artery Doppler Signals using principal component analysis (PCA), k-NN based weighting pre-processing and Artificial Immune Recognition System (AIRS). *Journal of Biomedical Informatics*, 41(1), 15-23.
- [17] " <https://www.hiiit.fi/u/ahonkela/dippa/node41.html>" 5.06.2017
- [18] McClelland, J. L., & Rumelhart, D. E. (1988). A simulation-based tutorial system for exploring parallel distributed processing. *Behavior Research Methods*, 20(2), 263-275.
- [19] Haykin, S. (1994). *Neural networks: a comprehensive foundation*. Prentice Hall PTR.
- [20] "Principles of Data Acquisition and Conversion". Texas Instruments. April 2015. <http://www.ti.com/lit/an/sbaa051a/sbaa051a.pdf> (08.06.2017)
- [21] Ambikairajah, E. (2007, December). Emerging features for speaker recognition. In *Information, Communications & Signal Processing, 2007 6th International Conference on* (pp. 1-7). IEEE.
- [22] Makhoul, J. (1975). Linear prediction: A tutorial review. *Proceedings of the IEEE*, 63(4), 561-580.
- [23] Davis, S., & Mermelstein, P. (1980). Comparison of parametric representations for monosyllabic word recognition in continuously spoken sentences. *IEEE transactions on acoustics, speech, and signal processing*, 28(4), 357-366.
- [24] Yusnita, M. A., Paulraj, M. P., Yaacob, S., Fadzilah, M. N., & Shahriman, A. B. (2013). Acoustic analysis of formants across genders and ethnical accents in Malaysian English using ANOVA. *Procedia Engineering*, 64, 385-394.
- [25] Hermansky, H. (1990). Perceptual linear predictive (PLP) analysis of speech. *the Journal of the Acoustical Society of America*, 87(4), 1738-1752.
- [26] Kurzekar, P. K., Deshmukh, R. R., Waghmare, V. B., & Shrishrimal, P. P. (2014). A comparative study of feature extraction techniques for speech recognition system. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 3(12), 18006-18016.



## PERFORMANCE ANALYSIS OF MACHINE LEARNING METHODS IN SPEAKER RECOGNITION TASK BY USING LINEAR PREDICTIVE CODING METHOD

Zülfikar ASLAN

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

zulfikaraslan27@gmail.com

Mehmet AKIN

Dicle Üniversitesi

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

makin@dicle.edu.tr

**ABSTRACT:** Speaker recognition over digitally stored audio records has found a lot of application fields in the relevant literature and is still one of the important topics. In this study, a two-phase speaker recognition method is applied. In the first phase, audio files are decomposed by use of wavelet decomposition and cepstral features of these wavelet components are obtained by doing spectral analysis with the linear predictive coding method. In the second phase, speaker classification task is accomplished by use of machine learning methods that utilize the features obtained in the first step. Moreover, several machine learning methods of different categories are tested in order to compare their performances in the speaker recognition task. As a result of the experimental work, it is observed that almost all machine learning methods showed a classification performance of over 90%, with the exception of decision tree algorithm, and proved to be satisfactorily successful for the speaker recognition task.

**Keywords:** LPC, Wavelet, Machine Learning, Automatic Speaker Recognition

## DOĞRUSAL ÖNGÖRÜ KODLAMA KONUŞMACI TANIMADA MAKİNE YÖNTEMİ PERFORMANS ANALİZİ ÖĞRENMESİ KULLANILARAK METOTLARININ

**ÖZET:** Dijital ortamda saklanan ses kayıtları üzerinden konuşmacı tespiti literatürde pek çok uygulama alanı bulmuş ve halen önem arzeden konulardan birisidir. Bu çalışmada, iki aşamalı bir konuşmacı tanıma metodu uygulanmıştır. Birinci aşamada, ses dosyaları, dalgacık dönüşümü ile ayrıstırılmış ve bu bileşenler doğrusal öngörü kodlama yöntemiyle spektral analizi yapılarak, kepstral özellikleri çıkartılmıştır. İkinci aşamada ise, bu özellikler kullanarak, konuşmacıların sınıflandırılması makine öğrenmesi metotları kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca, farklı kategorilerdeki makine öğrenmesi metodlarının konuşmacı tanıma işlemindeki performansları açısından kıyaslanmıştır. Deneysel çalışma sonucunda, kullanılan sınıflandırma algoritmalarından, karar ağaçları dışında kalanlar %90 üstü başarı elde ettikleri gözlemlenmiştir ve konuşmacı tanıma problemi için tatmin edici görülmüşlerdir.

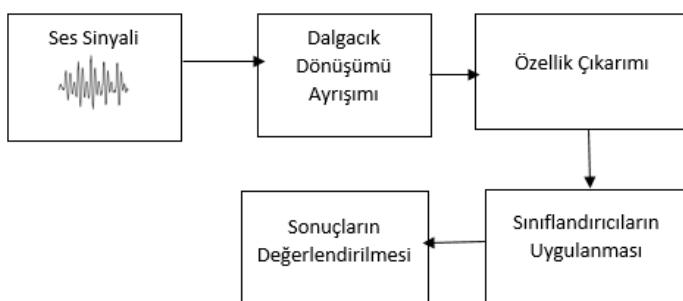
**Anahtar Kelimeler:** LPC, Dalgacık Dönüşümü, Makine Öğrenmesi, Otomatik konuşmacı tanıma.

## GİRİŞ

Konuşmacı tespiti, kişinin ses karakteristikleri üzerinden tespit edilmesi işlemidir. Kişilerin sesleri, gırtlak yapısı ve ses üretim organlarındaki farklılıklar sebebiyle değişik karakteristiklere sahiptirler. Bunlara ek olarak kişinin aksan, tonlama, ritim ve telaffuz gibi özelliklerinden dolayı da seslerde farklılıklar oluşmaktadır [34]. Konuşmacıya ait analog ses sinyali, bilgisayar ortamında işlenmek için sayısal sinyale dönüştürülürken sırasıyla örneklemme (sampling), niceleme (quantization), kodlama (encoding) ve opsiyonel olarak sıkıştırma (compression) işlemlerinden geçirilerek elde edilir [35]. Otomatik konuşmacı tanıma sistemleri, literatürde pek çok uygulama alanı bulmuştur ve halen önem arzeden konulardan birisidir [36]. Örnek olarak adli incelemeler ve konuşmacı tanıma destekli kimlik doğrulama sistemleri (telefonla yapılan bankacılık işlemlerinde verilen onaylar gibi) verilebilir.

Sayısal ortama kaydedilmiş olan ses sinyalinden otomatik olarak konuşmacı tespiti yapılması ile ilgili literatürde pek çok çalışma bulunmaktadır [37]. Bu çalışmalar genel olarak ses sinyalinden özellik çıkarımı ve çıkarılan özelliklere göre gerekli ayırmayı yapacak modelleme üzerinde yoğunlaşmıştır. Özellik çıkarımı için araştırmacılar daha çok spektral analiz sonucu elde edilen kepstral özelliklerini tercih etmişlerdir. En çok kullanılan kepstral özellikler LPC [2], LPCC [38], PLP [39] ve MFCC'dir [40]. Öte taraftan modelleme için önceleri Vector Quantization (VQ) [41] ve Gaussian Mixture Models (GMM) [42] tercih edilse de sonraları, makine öğrenmesinin bazı metotları kullanılmıştır.

Bu çalışmada ham ses sinyalleri doğrudan özellik çıkarımı ve modelleme için kullanılmak yerine, sinyal öncelikle dalgacık dönüşümü ile bileşenlerine ayrılmıştır. Böylece, arka plana ait gürültü ve konuşmacıya ait karakteristik bilgiyi taşımadığı düşünülen bileşenler ayrılp, sinyalin sadece bazı bileşenlerine yoğunlaşmıştır. İkinci olarak, özellik çıkarımı için doğrusal öngörü kodlama (LPC) kullanılmış ve sinyale ait bazı karakteristik özellikler çıkarılmıştır. Sonrasında, bu özellikler makine öğrenmesi metotları ile modellenmiştir. Şekil 1'de bahsedilen iş akışı gösterilmiştir.



Şekil 1. Otomatik Konuşmacı Tanıma İçin Önerilen Sistemin Blok-Diyagramı

Şekil 1'de önerilen model çeşitli kişilerden elde edilen ses dosyaları ile test edilip, doğrulanmıştır. Çalışmanın önemli bir amacı da farklı kategorilerdeki makine öğrenmesi metodlarının başarımını bu sistem içinde test etmektir. Bu amaçla, birbirinden farklı 6 kategoride makine öğrenmesi metodları seçilmiş ve başarımları kıyaslanmıştır. Ayrıca, özellik çıkarımının da performansa etkisi araştırılmıştır.



Belgenin geriye kalan kısmı ikiye ayrılmıştır, ilk bölümde kullanılan veri ve modelleme metodları tanıtılmıştır. İkinci bölümde ise deneyel sonuçlara yer verilmiş ve elde edilen sonuçlar açıklanmıştır.

## MATERIAL VE METOT

### Veri Seti

Bu çalışmada ki veri seti, 6 erkek 4 bayandan oluşan 10 farklı kişinin 5 farklı kelimeyi 10 kez tekrarlamasıyla elde edilen ses kayıtlarından oluşmaktadır. Toplam olarak 500 adet ses dosyası kaydedilmiştir. Bilgisayar ortamına sesler dinamik mikrofon yardımı ile mono ve 16 bit olarak kaydedilmiştir. Oluşturulan kayıtların frekansı 11025 Hz olarak kullanılmıştır. Oluşturulan ses dosyalarının uzunluğu eşitlenip, 9000 uzunluklu vektörlere dönüştürülmüştür. Böylece elimizdeki veri seti  $500 \times 9000$  'lik bir matris olarak sayısal ortama aktarılmıştır.

### Metod

#### Dalgacık Dönüşümü Ayrışımı (Wavelet Decomposition)

Wavelet dönüşümü ayrışımı, verilen bir fonksiyonun ortonormal (birbirine dik birim uzunluklu) terimlerin toplamı olarak ifade edilir. Bu terimlerin toplamı işlemi sonucunda elde edilen bu seri, en popüler zaman-frekans dönüşümlerinden biridir [1]. Biçimsel olarak ifade edilmek istenirse,  $\Phi(x)$  wavelet için bir çevrim fonksiyonu gibi düşünüldüğünde,

$$\Phi_{(s,l)}(x) = 2^{\frac{-s}{2}} \Phi(2^{-s}x - l) \quad (1)$$

$\Phi(x)$ ,  $s$  ve  $l$  tam sayı değişkenleri kullanılarak dönüşümün ölçegini ve yayılmasını kontrol edeceğimiz bir fonksiyon olarak tanımlanır. Daubechies wavelet kategorisindeki dönüşümler bu şekilde çalışmaktadır ve bu çalışmada da Daubechies wavelet kullanılmıştır.  $s$  değişkeni genişliği,  $l$  değişkeni ise konum indeksini belirtmektedir. Böylece, farklı terimler ile dönüştürülecek uzayın baz vektörlerini elde edilmiş olur. Bu terimlerin bir toplamı, dönüştüreceğimiz uzayın tamamını kaplamak için kullanılmaktadır.

$$W(x) = \sum_{k=-1}^{N-2} (-1)^k c_{k+1} \Phi(2x + k) \quad (2)$$

$W(x)$  ölçekleme fonksiyonu,  $c_k$  ise wavelet katsayılarıdır. Bu katsayılar, aşağıdaki kısıtları sağlamaktadır:

$$\sum_{k=0}^{N-1} c_k = 2, \sum_{k=0}^{N-1} c_k c_{k+2l} = 2\delta_{l,0} \quad (3)$$

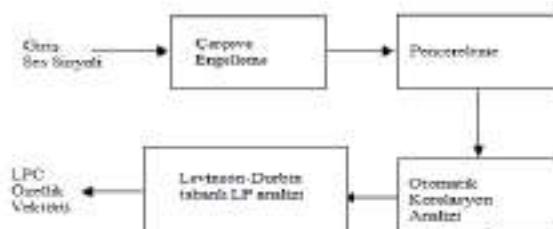
Delta fonksiyonu  $\delta$  ile, konum indeksi ise  $l$  ile göstermektedir. Wavelet' in istenen probleme adapte olabilmesi için bahsedilen kısıtları sağlayan katsayılar belirlenmelidir. Böylece bir  $f(x)$  fonksiyonu, istenen derecede ve sayıda terimin toplamı olarak wavelet ayrışımı şeklinde elde edilebilmektedir. Elde edilen bu terimler, verilen sinyalin farklı bileşenlerini temsil etmektedir ve bu bileşenler ayrı ayrı analiz edilerek, orijinal sinyalde görünür olmayan pek çok özellik ortaya çıkarılabilmektedir. Bizim çalışmamızda Daubechies türünde wavelet dönüşümü yapılmış ve bu dönüşüm sonrası elde edilen farklı bileşenlerden db10 analiz edilerek, sese ait karakteristik özellikler çıkarılmıştır.

### **Doğrusal Öngörü Kodlama (Linear Predictive Coding)**

LPC, sinyalin spektrumunu hesaplamak için kullanılır [2]. Konuşma sinyalinin ön vurgusu, konuşma sinyali spektrumunu düzleştirmek için ilk adımdır. Önceden vurgu, sinyaldeki yüksek frekansları artırır. Bir sonraki adım, sinyali çerçeveye almak ve konuşma çerçevesindeki spektrum sizintisini azaltmak için pencere fonksiyonuyla çarpmaktır. Ses yolu modeli, tüm kutup modeliyle temsil edilebilir. Doğrusal Öngörü Katsayıları (LPC) adı verilen otomatik regresyon katsayılarının setini sağlar. Ses yolu aktarım işlevi şu şekilde verilebilir:

$$V(z) = \frac{1}{1 - \sum_{k=1}^p a_k z^{-k}} \quad (4)$$

Son adımda, kepstrum, kepstral analiz vasıtasyyla hesaplanır. Kepstral katsayıları, bir dizi özyinelemeli işlem aracılığıyla LPC'den hesaplanabilir [3]. LPC'nin altında yatan temel fikir, bir konuşmaörneğinin, geçmiş konuşma örneklerinin doğrusal bir bireleşimi olarak yakınsayabileceğidir. Gerçek konuşma örnekleri ile önceden öngörülen değerler arasındaki karesel farklılıkların (belirli aralıklarla) en aza indirgenmesiyle, benzersiz bir parametre kümesi veya öngörücü katsayıları belirlenebilir. Bu katsayılar konuşma LPC'nin temelini oluşturmaktadır [4]. Aşağıdaki Şekil 2, LPC özelliği çıkarma işlemine katılan adımları göstermektedir [5]. Bu çalışmada wavelet sonucu elde edilen Db10 bileşenlerine LPC özellik çıkarım metodu uygulanırken 12. derece dönüşüm seçilmiş ve her bileşen için 13(12+1 sinyalin toplam enerjisi) tane özellik elde edilmiştir. Bu işlem Db10 sonucu dönen 3 en uygun bileşen için tekrar edilmiş ve toplam 39 özellik elde edilmiştir.



**Şekil 2. Lpc'nin İşlem Adımları**

### **Makine Öğrenmesi Algoritmaları**

#### **Naif Bayes (Naive Bayes)**

Naive Bayes algoritması belirli bir veri kümesindeki frekansları ve değer kombinasyonlarını sayarak bir olasılık kümesini hesaplayan sınıflandırma algoritmasıdır. Algoritma Bayes teoremini kullanır ve sınıf değişkeninin değeri göz önüne alındığında tüm özniteliklerin bağımsız olduğunu varsayar. Bu koşullu bağımsızlık varsayıımı nadiren gerçek dünyadaki uygulamalarda geçerlidir, dolayısıyla niteleme saftır, ancak algoritma çeşitli denetlenen sınıflandırma problemlerinde iyi performans göstermekte ve hızla öğrenme eğilimindedir [6].



$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)} \quad (5)$$

P(A|B) ; B olayı meydana geldiğinde, A olayının meydana gelme olasılığıdır.  
P(B|A) ; A olayı meydana geldiğinde B olayının meydana gelme olasılığıdır.  
P(A) ve P(B) ; A ve B olaylarının önsel olasılıklarıdır.

Önsel olasılık, Bayes teoremine öznellik katar. Diğer bir ifadeyle örneğin  $P(A)$ , A olayı ile ilgili henüz hiçbir veri toplanmadan A olayı hakkında edinilen bilgidir. Diğer taraftan  $P(B|A)$  ardıl olasılıktır çünkü veri toplandıktan sonra, A olayının gerçekleşmiş olduğu durumlarda B olayının gerçekleşme ihtimali hakkında bilgi verir [9].

### **Destek Vektör Makineleri (Support Vector Machine)**

Bir SVM, bir çekirdek işlevi  $K(x, y)$ , toplamlarından oluşan iki sınıfı bir sınıflandırıcıdır[10].

$$f(x) = \sum_{i=1}^l \alpha_i t_i K(x, x_i) + d, \quad (6)$$

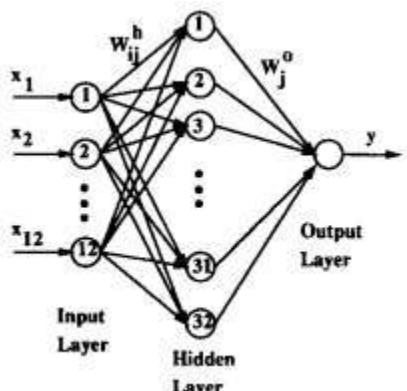
Burada  $t_i$  ideal çıktılardır,  $\sum_{i=1}^l \alpha_i t_i$  ve  $\alpha_i > 0$ . Vektörler  $x_i$  destek vektörleri olup, bir optimizasyon işlemi vasıtasiyla belirlenen eğitim setinden elde edilmiştir [11]. Ideal çıktı, sırasıyla, karşılık gelen destek vektörünün sınıf 0 veya sınıf 1'de olup olmadığına bağlı olarak 1 veya -1 'dir. Sınıflandırma için, sınıf kararı,  $f(x)$  değerinin bir eşliğin üzerinde veya altında olup olmadığına dayanır. Çekirdeğin  $K(x, y)$  bazı özellikleri (Mercer koşulu) olması için sınırlanmıştır, böylece  $K(x, y)$  aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$K(x, y) = b(x)^t b(y), \quad (7)$$

Burada  $b(x)$ , ( $x$ 'in var olduğu) giriş alanından muhtemel sonsuz boyutlu bir SVM genişleme alanını ifade eder. SVM eğitim sürecinin odağı sınıflar arasındaki sınırı modellemektir. Ayrılabilir bir veri kümesi için, SVM optimizasyonu genişleme alanındaki maksimum sınırla bir hiper düzleme sefer[12]. Sınırları yatan eğitim setinden gelen veri noktaları, denklem (6)'daki destek vektörleridir[13].

### **Çok Katmanlı Algılayıcı (Multilayer Perceptron)**

Yapay sinir ağları [15], girdi ve çıktılar arasındaki karmaşık dönüşümleri öğrenir ve özellikle dikkate alınan görevin altında yatan istatistiklerin iyi anlaşılmadığı durumlarda kullanılır. Sinir ağları konuşma işleminde artan bir rol oynamaktadır [16, 20] ve sadece kısa süre önce konuşmacı tanıma için düşünülmüştür [26-30].



**Şekil 2. Tek Gizli Katmanlı MLP**

Bir giriş katmanı, bir gizli katman ve bir çıktı katmanı içeren bir MLP Şekil 2' de gösterilmiştir. MLP, perceptron adı verilen basit nöronların bir ağıdır. Tek bir perceptronun temel konsepti 1958'de Rosenblatt tarafından ortaya atılmıştır. Perceptron, giriş ağırlıklarına göre doğrusal bir kombinasyon oluşturarak ve daha sonra bazı doğrusal olmayan aktivasyon fonksiyonu ile çıktıyı koyarak, çok sayıda gerçek değerli girdiden tek bir çıktı hesaplar [21]. Matematiksel olarak bu, şu şekilde yazılabilir:

$$y = \varphi(\sum_{i=1}^n w_i x_i + b) = \varphi(w^T x + b) \quad (8)$$

Lineer olmayan aktivasyon fonksiyonlarına sahip tek bir gizli katman ve doğrusal bir çıkış katmanı gibi bir ileri beslemeli ağ tarafından gerçekleştirilen hesaplamalar matematiksel olarak aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$x = f(s) = B\varphi(As + a) + b \quad (9)$$

Burada  $s$  bir girdi vektörü ve  $x$  bir çıkış vektördür.  $A$  birinci tabakanın ağırlık matrisi,  $a$  birinci tabakanın ön gerilim vektördür.  $B$  ve  $b$ , sırasıyla, ikinci katmanın ağırlık matrisi ve önyargı vektördür.  $\varphi$  işlevi, elemanlı bir doğrusal olmama durumunu belirtir. Modelin daha gizli katmanlara genelleştirilmesi açıktır.

MLP'nin denetlenen öğrenme problemi, geri yayılım algoritması [19] ile çözülebilir. Algoritma iki aşamadan oluşur. İleri geçişte verilen girdilere karşılık gelen tahmini çıktılar Denklem(9) da olduğu gibi değerlendirilir. Geriye doğru geçişte, maliyet fonksiyonunun farklı parametrelerle göre kısmi türevleri şebeke boyunca geri yayılır. Farklılaşma zinciri kuralı, ileri geçişte olanlar gibi geriye doğru geçiş için çok benzer hesaplama kuralları verir. Ağ ağırlıkları daha sonra gradyan tabanlı optimizasyon algoritması kullanılarak uyarlanabilir. Ağırlıklar birleşinceye kadar tüm süreç yinelenir [22].

### **Karar Ağacı Sınıflandırıcısı(Decision Tree Classifier)**

Karar ağaçları literatürde sık kullanılan ve pek çok türü [23-26] olan sınıflandırma algoritmalarıdır. Bu çalışmada C4.5 karar ağacının bir versiyonu olan J48 kullanılmıştır. C4.5, Quinlan tarafından geliştirilen ID3 karar ağacı algoritmasının yükseltilmiş bir versiyonu olan popüler bir karar ağacı algoritması [27] 'dir. ID3, sürekli özniteliklerin kategorize edilmesi, eksik değerlerin ele alınması, karar ağaçlarının budaması ve kural türetme gibi bazı özelliklerle güncellendi.



C4.5 algoritması, ağaçın kök testi için nitelik seçimi ile başlar. Her özellik, eğitim örneklerini karşılaştırarak fizibilite kontrolünde istatistiksel olarak hesaplanır. En uygun öznitelik, kök düğümü test etmek için kullanılır. Kök düğümün şube düğümleri, eğitim örnekleri açısından her olası öznitelik değerini inceledikten sonra oluşturulur. Bu işlem, ilişkili eğitim örneklerini test ederek en uygun nitelik seçmek için her dal düğümünde tekrarlanır. C4.5 algoritmasının özü, test düğümleri için bilgi kazanımına göre doğru öznitelik seçmektir[26].

### **K-en yakın komşu (K nearest neighbors)**

En basit sınıflandırma tekniklerinden biri, k-en yakın komşu (k-NN) sınıflandırıcısıdır. Bir girdi özellik vektörü  $X$ 'in sınıflandırılması, en yakın k eğitim vektörlerini uygun bir mesafe metrik değerine göre belirleyerek yapılır. Vektör  $X$  daha sonra, bu en yakın komşuların çoğunuğunun ait olduğu sınıfı atanır [29, 30]. k-NN algoritması, en yakın komşuluklarda bir uzaklık fonksiyonu ve bir oylama fonksiyonuna dayanmaktadır, kullanılan metrik Öklid uzaklığıdır. k-NN, optimum değerler k için iyi bir performans sergilediği söylenen klasik parametrik olmayan denetimli sınıflandırmacıdır [31]. Çoğu öğreticili öğrenme algoritması gibi, k-NN algoritması bir eğitim aşamasından ve bir test aşamasından oluşur. Eğitim aşamasında, veri noktaları n-boyutlu bir alanda verilir. Bu eğitim veri noktalarında, sınıflarını belirten onlarla ilişkili etiketler bulunur. Test aşamasında, etiketlenmemiş veriler verilir ve algoritma etiketlenmemiş noktaya en yakın k (en önceden sınıflandırılmış) veri noktalarının listesini oluşturur. Algoritma daha sonra o listenin çoğunuğunun sınıfını döndürür [14,16]. k-NN algoritması aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır[32] :

Uygun bir mesafe metriğini belirleyin.

Eğitim aşamasında: P tüm eğitim verilerini P çiftlerine (seçilen özelliklere göre) depolayın, burada  $P = \{(y_i, c_i), i = 1, \dots, n\}$ ,  $y_i$  bir eğitim modeli Eğitim verileri seti,  $c_i$  karşılık gelen sınıf ve n, eğitim kalıpları miktarıdır.

Test aşamasında: Yeni özellik vektörü ile depolanan tüm özellikler (eğitim verileri) arasındaki mesafeleri hesaplayın.

En yakın komşular seçilir ve yeni örneği sınıf için oy kullanmalari istenir.

Test aşamasında verilen doğru sınıflandırma algoritmanın doğruluğunu değerlendirmek için kullanılır. Eğer bu tatmin edici değilse, makul bir doğruluk düzeyi elde edilinceye kadar k değeri ayarlanabilir.

### **Rastgele Orman Algoritması (Random Forest)**

Rastgele Orman, bir topluluk sınıflandırıcıları olarak, çok sayıda sınıflandırma ağaçlarının bir toplamıdır. Hızlı çalışır ve genelde birçok ağaç tabanlı algoritma üzerinde önemli bir performans gelişimi sergiler. Rastgele Orman'daki sınıflandırma ağaçları, tahmini değişkende bölgemeleri belirlemek için kullanılan Gini düğüm kriterini kullanarak tekrarlanır şekilde oluşturulmuştur. Bir ağaç düğümünün bölünmesi, veride bulunan belirsizliği ve dolayısıyla yanlış sınıflandırmanın olasılığını azaltacak şekilde değişken üzerinde yapılır. Bir ağaç düğümünün ideal bölünmesi, Gini değeri sıfır olduğunda oluşur. Bölme işlemi, birden fazla ağaçtan oluşan bir "orman" oluşturulana kadar devam eder. Sınıflandırma, ormandaki her ağaç en popüler sınıf için bir birim oy kullandığında oluşur. Rastgele Orman, daha sonra ormandaki tüm ağaçlar üzerinde en çok oy alan sınıflandırmayı seçer.

Rasgele Orman algoritması şu şekilde özetlenebilir:



1. Bir sayı  $n$ , toplam değişken sayısı  $N$ 'den (genellikle  $n \sim \sqrt{N}$ ) çok daha küçük olarak belirtilmiştir.
2. Her derinlikteki ağaç budama olmadan eğitim setinin bir önyükleme örneği üzerinde yetiştirilir
3. Her düğümde,  $N$  değişkeninin dışındaki  $n$ 'ler rastgele seçilir
4. Bu  $n$  değişken üzerindeki en iyi bölünme, Gini düğüm impurity kriterini kullanarak belirlenir.

Oranın azaltılması, ormandaki ağaçların mukavemetlerini ve aralarındaki ilişkiyi azaltır. Arttırılması her ikisini de artırır. Bu değişken, rastgele ormanların hassas olduğu tek ayarlanabilir parametredir. Rasgele Orman 'daki her ağaç için hesaplama karmaşıklığı  $\sqrt{N} S \log(S)$ , burada  $S$  eğitim vakalarının sayısıdır. Bu nedenle, gözlemlerin orta sayıda olduğu çok sayıda değişken işleyebilir [28].

## DENEYSEL SONUÇLAR

Bölüm 2.1'de bahsedildiği şekilde elimizdeki 500 adet ses dosyası gerekli dönüşümler ve özellik çıkarımı yapıldıktan sonra, her bir ses dosyası 39 uzunluklu bir vektöre dönüştürülmüştür. Böylece, veriler üzerinde makine öğrenmesi metotları kullanılarak, farklı konuşmacılar birbirlerinden otomatik olarak ayırtılacaktır. Bu bölümde, amacımız farklı sınıflandırma algoritmaları kullanarak, konuşmacı tanıma işleminin başarımının ölçülmesi ve başarımı artırmak için yapılabileceklerin tartışılmasıdır.

İlgili literatürde, sınıflandırma işlevi için pek çok makine öğrenmesi metodu önerilmiştir. Bu bölümde temel sınıflandırma algoritmaları yaklaşımlarının birer temsilcisi niteliğinde 6 algoritma çalışma için seçilmiştir. Bunlar sırasıyla, olasılıksal öğrenme algoritması olan Naif Bayes, bir doğrusal sınıflandırıcı olan Destek Karar Makineleri, yapay sinir ağlarından Çok Katmanlı Algılayıcı, karar ağıacı algoritmalarından J48, topluluk öğrenme algoritmalarından Rastgele Orman algoritması ve örnek tabanlı öğrenici olan En yakın komşu sınıflandırıcısıdır. Bu algoritmaların çalıştırılması için Weka makine öğrenmesi aracı kullanılmıştır. Tüm algoritmalar, Weka aracındaki varsayılan ayarlarıyla çalıştırılmıştır.

Sınıflandırma algoritmaları, başarımı ölçülürken, 10-kat çapraz doğrulama yapılmış ve elde edilen sonuçların ağırlıklı F-ölçütü ortalaması alınmıştır. F-ölçütü, hem yanlış negatif oranını hem de yanlış pozitif oranını aynı anda göz önünde bulunduran bir değerlendirme ölçütü olduğu için ilgili literatürde sıkılıkla kullanılan bir ölçümdür ve aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$F - ölçütü = \frac{2 \cdot \text{Duyarlilik} \cdot \text{Kesinlik}}{\text{Duyarlilik} + \text{Kesinlik}}$$

(10)

İlgili eşitlikte  $\text{Duyarlilik} = TP / (TP + FN)$  ve  $\text{Kesinlik} = TP / (TP + FP)$  olarak hesaplanmaktadır. TP, doğru tahmin edilen örnek sayısını temsil ederken, FP, ilgili sınıfa ait tahmin edilen hatalı tahminleri ve FN de ilgili sınıfa aitken, bu sınıfa ait değil şeklinde tahmin edilen örneklerin sayısını vermektedir.



Tablo 1'de sınıflandırma algoritmalarının, her kelime için başarımı F-ölçütü cinsinden verilmiştir. Aynı zamanda her kelime için ortalama başarım ve her algoritmanın tüm kelimeler için ortalaması da sunulmuştur.

**Tablo 1. Sınıflandırma Algoritmalarının Her Kelime İçin F-Ölçütü Cinsinden Başarımı**

Kelime	Naive Bayes	SVM	CKA	J48	Rastgele Orman	k-NN	Ortalama
1.	0,931	0,960	0,930	0,812	0,950	0,960	<b>0,924</b>
2.	0,961	0,980	0,990	0,721	0,930	0,960	<b>0,924</b>
3.	0,929	0,928	0,960	0,730	0,938	0,940	<b>0,904</b>
4.	0,950	0,940	0,931	0,804	0,927	0,949	<b>0,917</b>
5.	0,930	0,970	0,950	0,706	0,930	0,941	<b>0,905</b>
<b>Ortalama</b>	<b>0,940</b>	<b>0,956</b>	<b>0,952</b>	<b>0,755</b>	<b>0,935</b>	<b>0,950</b>	

Tablo 1'de görüldüğü üzere, hemen hemen tüm algoritmalar konuşmacı tanıma problemi için tatmin edici bir başarım ( $> 90\%$ ) yakalamıştır, buradaki tek istisna ise bir karar ağıacı olan J48'dir. Karar ağaçları genel itibariyle kategorik veri üzerinde IF-ELSE kuralları üretecek sınıflandırma yapan algoritmalarıdır ve sürekli/sayısal veri ile karşılaşlığında, bu veriyi de çeşitli şekillerde kategorize ederek sınıflandırma yapmaya çalışır. Sonuçlardan anlaşılıcığı üzere, J48 ses sinyallerinden üretilen sayısal değerleri kullanarak sınıflandırma yapma konusunda, gerekli hassasiyeti koruyamadığı için, başarılı olamamıştır. J48 dışındaki diğer algoritmaların başarımları birbirlerine yakındır. Bu sonuçlar temelde, önerilen modelin konuşmacı tanıma problemi için başarılı olduğunu ortaya koymaktadır.

**Tablo 2. Özelliğ Çıkarımı Sonrası Yeni Özelliğ Sayısı Ve Sınıflandırma Başarımı**

	Özelliğ sayısı	Naive Bayes	SVM	CKA	J48	Rastgele Orman	k-NN	Ortalama
1.	19	0,960	0,960	0,970	0,822	0,940	0,920	<b>0,929</b>
2.	22	0,930	0,980	0,980	0,778	0,919	0,921	<b>0,918</b>
3.	17	0,950	0,960	0,941	0,741	0,938	0,940	<b>0,912</b>
4.	24	0,941	0,929	0,931	0,816	0,929	0,961	<b>0,918</b>
5.	22	0,921	0,959	0,970	0,668	0,909	0,950	<b>0,896</b>
<b>Ortalama</b>	<b>20,8</b>	<b>0,940</b>	<b>0,958</b>	<b>0,958</b>	<b>0,765</b>	<b>0,927</b>	<b>0,938</b>	

Sınıflandırma problemlerinde karşılaşılan önemli problemlerden birisi de “Boyutsallık belası (Curse of dimensionality)” [33] adlı sorundur. Verinin boyutu arttıkça algoritmaların başarımları ve aynı zamanda birim zamanda yapılan hesaplama miktarı düşmektedir. Dolayısıyla, eldeki 39 sütunun içinden sadece istatistiksel olarak önemli olanları ayırarak



sadece bu sütunlar üzerinden sınıflandırma yapmak genel itibariyle literatürde daha iyi sonuçlar verdiği raporlanmıştır. Eldeki veriyi korelasyon tabanlı özellik çıkarım metoduyla [14] daha düşük boyuta indirgedikten sonra, sınıflandırma metotları çalıştığımızda, başarımın az da olsa yükseldiği gözlenmiştir (Tablo 2).

Tablo 2'de görüldüğü üzere, 39 tane olan özellik sayısı, her veri seti için indirgenmiş ve ortalama olarak 20 özellik elde edilmiştir. Veri setinin bu yeni haliyle sınıflandırma yapıldığında, bazı algoritmalar için başarım da az da olsa bir artış gözlenmiştir. Fakat genel itibariyle özellik çıkarımı tüm algoritmalar için aynı şekilde başarımı yükseltmemiştir. Yine de özellik çıkarımı yapılarak, algoritmaların daha az özellik ile en azından aynı başarımı elde edebildikleri gösterilmiştir. Ayrıca, algoritmalar seçilen daha az özelliği bilgisayarda daha hızlı işleyebilecek olduklarından gerçek-zamanlı sistemler için daha az özellik her zaman daha tercih edilebilirdir. Özellikle, daha çok konuşmacı ve daha uzun konuşma süreleri söz konusu olduğunda, LPC ile daha fazla özellik çıkarmak gerekebileceğinden, özellik çıkarımı metotları bu tür durumlarda daha kullanışlı olacaktır.

## SONUÇ

Bu çalışmada dalgacık dönüşümü ile ayırtırılmış ses dosyaları üzerinden otomatik konuşmacı tanıma görevi için makine öğrenmesi metodlarının başarımı incelenmiştir. Sınıflandırma işlemi yapılmadan önce, LPC kullanarak spektral analiz yapılmış ve ses dosyalarından bazı özellikler çıkarılmıştır. Elde edilen özellikler, sınıflandırma algoritmalarına verilmiş ve konuşmacıların birbirlerinden ayırt edilmeleri sağlanmıştır. Kullanılan sınıflandırma algoritmalarından, karar ağaçları dışında kalanlar %90 üstü başarım elde etmişlerdir ve konuşmacı tanıma problemi için tatmin edici görülmüşlerdir.

Konuşmacı tanıma probleminde başarımı etkileyen temel faktörler ham ses dosyalarını analiz etmek için kullanılan dönüşüm ve analiz metotları olduğu gözlenmiştir. Bu yüzden sonraki çalışmalarında, dalgacık dönüşümü ve spektral analiz için farklı yöntemler kullanılarak, makine öğrenmesi metodları ile birleştirilmeleri düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Graps, A. (1995). An introduction to wavelets. *IEEE computational science and engineering*, 2(2), 50-61.
- [2] Yusnita, M. A., Paulraj, M. P., Yaacob, S., Fadzilah, M. N., & Shahriman, A. B. (2013). Acoustic analysis of formants across genders and ethnical accents in Malaysian English using ANOVA. *Procedia Engineering*, 64, 385-394.
- [3] Dhone, S. B., & Jagade, S. M. (2015). Feature extraction techniques in speaker recognition: A review. *International Journal on Recent Technologies in Mechanical and Electrical Engineering (IJRMEE)*, 2(5), 104-106.
- [4] Maheswari, N. U., Kabilan, A. P., & Venkatesh, R. (2010). A hybrid model of neural network approach for speaker independent word recognition. *International Journal of Computer Theory and Engineering*, 2(6), 912.
- [5] Dawande, M. Y., & Dhopeshwarkar, M. (2015). ANALYSIS OF DIFFERENT FEATURE EXTRACTION TECHNIQUES FOR SPEAKER RECOGNITION SYSTEM: A REVIEW. *IJATER*.



- [6] Dimitoglou, G., Adams, J. A., & Jim, C. M. (2012). Comparison of the C4. 5 and a Naïve Bayes classifier for the prediction of lung cancer survivability. *arXiv preprint arXiv:1206.1121*.
- [7] Youn, S., & McLeod, D. (2007). A comparative study for email classification. *Advances and innovations in systems, computing sciences and software engineering*, 387-391.
- [8] Dunham, M. H. (2006). *Data mining: Introductory and advanced topics*. Pearson Education India.
- [9] Pawlak, Z. (2003). A rough set view on Bayes' theorem. *International Journal of Intelligent Systems*, 18(5), 487-498.
- [10] C. Nello and S.-T. John, Support Vector Machines. Cambridge, U.K.: Cambridge Univ. Press, 2000.
- [11] Collobert, R., & Bengio, S. (2001). SVMTorch: Support vector machines for large-scale regression problems. *Journal of machine learning research*, 1(Feb), 143-160.
- [12] Cristianini, N., & Shawe-Taylor, J. (2000). *An introduction to support vector machines and other kernel-based learning methods*. Cambridge university press.
- [13] Campbell, W. M., Sturim, D. E., Reynolds, D. A., & Solomonoff, A. (2006, May). SVM based speaker verification using a GMM supervector kernel and NAP variability compensation. In *Acoustics, Speech and Signal Processing, 2006. ICASSP 2006 Proceedings. 2006 IEEE International Conference on* (Vol. 1, pp. I-I). IEEE.
- [14] Hall, M. A. (1999). Correlation-based feature selection for machine learning.
- [15] Lippmann, R. (1987). An introduction to computing with neural nets. *IEEE Assp magazine*, 4(2), 4-22.
- [16] Scofield, M. C. (1991). Neural networks and speech processing.
- [17] Oglesby, J., & Mason, J. S. (1990, April). Optimisation of neural models for speaker identification. In *Acoustics, Speech, and Signal Processing, 1990. ICASSP-90., 1990 International Conference on* (pp. 261-264). IEEE.
- [18] Rudasi, L., & Zahorian, S. A. (1991, April). Text-independent talker identification with neural networks. In *Acoustics, Speech, and Signal Processing, 1991. ICASSP-91., 1991 International Conference on* (pp. 389-392). IEEE.
- [19] McClelland, J. L., & Rumelhart, D. E. (1988). A simulation-based tutorial system for exploring parallel distributed processing. *Behavior Research Methods*, 20(2), 263-275.
- [20] Farrell, K. R., Mammone, R. J., & Assaleh, K. T. (1994). Speaker networks recognition using neural and conventional classifiers. *IEEE Trans. Acoust. Speech Signal Process*, 2(1 part 11).
- [21]" <https://www.hii.fi/u/ahonkela/dippa/node41.html>" 5.06.2017
- [22] Haykin, S. (1994). *Neural networks: a comprehensive foundation*. Prentice Hall PTR.
- [23] Loh, W. Y. (2011). Classification and regression trees. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 1(1), 14-23.
- [24] Quinlan, J. R. (1986). Induction of decision trees. *Machine learning*, 1(1), 81-106.
- [25] Hall, M., Frank, E., Holmes, G., Pfahringer, B., Reutemann, P., & Witten, I. H. (2009). The WEKA data mining software: an update. *ACM SIGKDD explorations newsletter*, 11(1), 10-18.
- [26] Freund, Y., & Mason, L. (1999, June). The alternating decision tree learning algorithm. In *icml* (Vol. 99, pp. 124-133).
- [27] Quinlan, J. R. (2014). *C4. 5: programs for machine learning*. Elsevier.
- [28] Emanet, N. (2009, September). ECG beat classification by using discrete wavelet transform and Random Forest algorithm. In *Soft Computing, Computing with Words and*



*Perceptions in System Analysis, Decision and Control, 2009. ICSCCW 2009. Fifth International Conference on* (pp. 1-4). IEEE.

[29]Sengur, A. (2008). An expert system based on principal component analysis, artificial immune system and fuzzy k-NN for diagnosis of valvular heart diseases. *Computers in Biology and Medicine*, 38(3), 329-338.

[30]Latifoğlu, F., Polat, K., Kara, S., & Güneş, S. (2008). Medical diagnosis of atherosclerosis from Carotid Artery Doppler Signals using principal component analysis (PCA), k-NN based weighting pre-processing and Artificial Immune Recognition System (AIRS). *Journal of Biomedical Informatics*, 41(1), 15-23.

[31]Duda, R. O., Hart, P. E., & Stork, D. G. (2001). Pattern classification. 2nd. Edition. New York, 55.

[32]El-Dahshan, E. S. A., Hosny, T., & Salem, A. B. M. (2010). Hybrid intelligent techniques for MRI brain images classification. *Digital Signal Processing*, 20(2), 433-441.

[33]Keogh, E., & Mueen, A. (2011). Curse of dimensionality. In *Encyclopedia of Machine Learning* (pp. 257-258). Springer US.

[34]Kinnunen, T., & Li, H. (2010). An overview of text-independent speaker recognition: From features to supervectors. *Speech communication*, 52(1), 12-40.

[35]"Principles of Data Acquisition and Conversion". Texas Instruments. April 2015. <http://www.ti.com/lit/an/sbaa051a/sbaa051a.pdf> (08.06.2017)

[36]Ambikairajah, E. (2007, December). Emerging features for speaker recognition. In *Information, Communications & Signal Processing, 2007 6th International Conference on* (pp. 1-7). IEEE.

[37]Rao, K. S., & Sarkar, S. (2014). Robust speaker verification: a review. In *Robust Speaker Recognition in Noisy Environments* (pp. 13-27). Springer International Publishing.

[38]Makhoul, J. (1975). Linear prediction: A tutorial review. *Proceedings of the IEEE*, 63(4), 561-580.

[39]Hermansky, H. (1990). Perceptual linear predictive (PLP) analysis of speech. *the Journal of the Acoustical Society of America*, 87(4), 1738-1752.

[40]Davis, S., & Mermelstein, P. (1980). Comparison of parametric representations for monosyllabic word recognition in continuously spoken sentences. *IEEE transactions on acoustics, speech, and signal processing*, 28(4), 357-366.

[41]Bagge, N., & Donica, C. (2001). ELEC 301: Final Project Text Independent Speaker Recognition. *ELEC 301 Signals and Systems Group Projects*.

[42]Reynolds, D. A., & Rose, R. C. (1995). Robust text-independent speaker identification using Gaussian mixture speaker models. *IEEE transactions on Speech and Audio Processing*, 3(1), 72-83.



## EXTRACTION KINETICS OF GROUNDNUT SEEDS DURING VEGAN MILK PRODUCTION

Ö.Faruk Gamlı

Korkut Ata University Food Engineering Department, Osmaniye, Turkey  
[omergamli@osmaniye.edu.tr](mailto:omergamli@osmaniye.edu.tr)

### Abstract

Groundnut (*Arachis hypogaea* L.) is an important local food in southern region of Turkey, especially provinces of Adana and Osmaniye where 81% of total crop production was took placed (141.000 tons in 2015) in Turkey. The groundnut has been used as a source of protein meal, edible oil and considered highly valuable for human and animal nutrition in many countries. It contains high valuable edible oil (45-60%), proteins (20-30%), carbohydrates (18-20%), essential vitamins, minerals such as vitamin A, vitamin E, folate, Mg, Zn, Fe, Ca and dietary fibers.). The groundnut products such as its flour and protein concentrates are commonly used for fortification of foods due to higher protein contents whose digestibility is much higher than wheat, soy flour and comparable with animal protein. The tradition and economic reasons limit the use of dairy products and promote the idea of reducing dairy products as vehicles of the probiotics agents or even replacing milk from other materials such as fruits, vegetables or cereals. Vegetable milk and its products have nutritional benefits for human beings due to their richness in protein, fatty acids and minerals, which are considered to be highly valuable for nutrition. Milk extracts of groundnut seeds were prepared by sorting, cleaning and washing process. The seed samples were then drained, rinsed twice with water, wet milled and homogenized with water (20,50 and 85 °C) in a blender (18000 rpm; 5-30 min) then filtered through muslin clothes (0.04 mm) and heated to 100 °C for 10 minutes. The dry solids of groundnut milk that extracted from seeds varied between 11.714, 15.108 and 16.350 g/100 g for extraction temperatures of 20,50 and 85 °C respectively. There was a significant differences ( $P<0.05$ ) between the total solids of extracted groundnut milk samples at 20,50 and 85 °C. The extraction kinetics of groundnut milk from seed were examined by different mathematical models as the rational, polynominal, logarithmic, Wang and Sing, one and two-term exponential model to get best fitting datas. The two-term exponential model ( $y=a.e^{bx}+c.e^{dx}$ ) gave the best fitting results of extraction and regression coefficients ( $R^2$ ) varied between 0.9984 and 0.9990 with lowest Rmse and Sse values.

**Key words:**milk-like, vegan, groundnut seed, extraction, kinetic, two-term exponential



## **SIZE EFFECT ON PUNCHING SHEAR BEHAVIOR OF SLAB-COLUMN ASSEMBLY MADE FROM ENGINEERING CEMENTITIOUS COMPOSITE MATERIALS WITH POLYVINYL ALCOHOL FIBERS**

Ali Kadhim H. ALHUSSAINAWE

Gaziantep University, Department of Civil Engineering, Gaziantep, TURKEY

engali77@yahoo.com

Farid H. ARNA'OT

Gaziantep University, Department of Civil Engineering, Gaziantep, TURKEY

farnaot@gmail.com

Ahmmad A. ABBASS

Gaziantep University, Department of Civil Engineering, Gaziantep, TURKEY

engaaa78@gmail.com

Mustafa OZAKCA

Gaziantep University, Department of Civil Engineering, Gaziantep, TURKEY

ozakca@gantep.edu.tr

**ABSTRACT:** Engineering Cementitious Composite (ECC) materials with PolyVinyl Alcohol (PVA) fibers are employed to investigate the effect of the ductile matrix on the behavior of flat plate-column connection. Totally four slabs are cast and tested, three of PVA-ECC slabs are compared to control slab of normal concrete. The thickness of the slabs used was variable (50, 60 and 80 mm) in order to investigate the effect of the size, and keeping the other size is constant ( $500 \times 500$  mm). All four slabs are reinforced with same conventional reinforcement ratio. The results showed that in the ductility of the slabs made from PVA-ECC are significantly enhanced compared with the normal concrete slab, this ductility improvement decrease with increasing the slab thickness, and more over the shear stress in the specific location is reducing with increasing the slab thickness.

### **INTRODUCTION**

Flat plate-column assembly is one of most important connection members in structural system, especially when the height of the story is preferable. This connection is however governed by brittle punching shear failure. Many attempts had been conducted to decrease the effect of the brittleness of the punching shear behavior, such as, using special shear reinforcement. Recently, the researchers seek to increases the ductility with keeping the same amount of the flexural reinforcements. However, the effect of slab thickness is still of the matrix aggravated the brittleness problem. Many researchers had been observed that increasing in the thickness of the slabs will rapidly decrease the shear stress resistance (Bazant & Cao, Brickle & Dilger and Mutton & Schwartz) however, not all codes of practice are considered the size effect, such as ACI318 (ACI318-14). Some codes are considered this effect but with deferent forms. Eurocode 2 (EN1992-1-1) and DIN1045 (DIN1045-2) represent the size effect ( $\xi$ ) as  $\xi = 1 + 200/d$ . Brickle and Dilger (Brickle & Dilger) observed that when using ACI318's equation, only 89 % of nominal shear



resistance was reached for the slab of 300mm thickness, this percentage decrease to be 64 % for the slab of 500 mm (Guandalini et al).

Many researchers had been proposed different factor to capture the size effect on the punching shear strength. Broms (Broms) proposed his size effect factor based on assumption that the initiation of the cracks at the compression zone in the early hydration stage has an important role, his factor is produced in term of compression depth ( $x_{pu}$ ) as  $\xi = (0.15/x_{pu})^{1/3}$ , which in turns proportional with rebar ratio, the cubic root in term of effective depth ( $\xi = (500/d)^{1/3}$ ) is proposed by Shehata (Shehata). Regan (Regan) shows that the fourth root is best introducing the size factor in term of effective depth  $\xi = (1/d)^{1/4}$ .

In the current work, slabs of different thickness made from PVA-ECC are cast and tested in order to investigate the effect of the size, on the punching shear strength. Authors of the current work demonstrate that the effect of size importantly needs further researches.

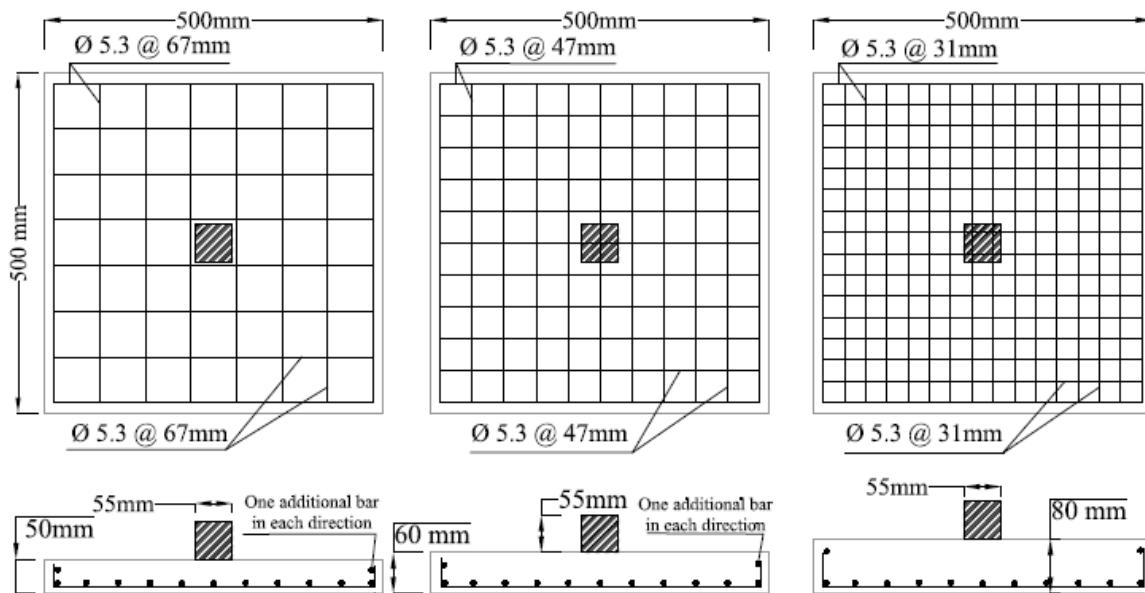
## EXPERIMENTAL PROGRAM

### Slab Geometry and Materials

The experimental program included casting and tested four flat plates of square shape that most convenient to fabricate, the length of the sides are  $500 \times 500$  mm. Three slabs coded as (V5, V6, and V8) of PVA-ECC matrix reinforced by steel reinforcement bars in addition to 2 % by volume PVA fibers, the properties of the physical of PVA fibers are summarized in Table 1. The three slabs are compared to control slab of normal reinforced concrete. The main parameter is the effect of slab thickness (h), where the three slabs thicknesses were 50, 60, and 80 mm, and the control specimen is of 50 mm thickness. The column stub size (c) is constant for all slab thickness that is of 55× 55 mm steel plate. The flat plates are designed as its corresponding conventional reinforced concrete slab, which fail due to punching shear effect; therefore all tested slabs were reinforced by one layer of convenient flexural reinforcement by  $\phi 5.3$  mm deformed bars, with 400 MPa yield strength. The ends of reinforcement bars are bent by 90 deg, one additional bar in each direction of the free ends are added. The concrete cover was 15 mm at all slabs. The reinforcement ratio ( $\rho = 1.2\%$ ) was constant for all slabs, so there are different spacing bars, Figure 1. shows the slabs reinforcements details.

**Table 1. Physical Properties of Polyvinyl Alcohol (PVA)**

Density	$l_f$	$D_f$	$l_f/D_f$	Tensile strength	Elastic modulus
kg/m <sup>3</sup>	mm	mm	mm/mm	MPa	GPa
1260	6	0.015	400	1600	34



**Figure1. Slab Geometry and Reinforcement Bars Details.**

All slabs with PVA-ECC are cast in one batch, and the normal reinforced concrete slab is cast in a different batch. The materials used for the PVA-ECC slabs are summarized in Table 2. Portland cement of type CEM II/ A-LL 42.5 R for both ECC and normal concrete are used. The dense concrete is planned to use in the production of the normal concrete. The same mix proportion of Bazant and Cao (Bazant & Cao) recent work which is given in Table 2 are used for normal concrete where the fine aggregate content represents 63% of the total aggregate with 9.5 mm maximum size of aggregate, while the PVA-ECC does not include coarse aggregates. Therefore it can be regarded as fiber reinforced mortar. Dense nature of the two mixes is favourable to increase both concrete strengths (tensile and compressive), and increasing the interactions between the matrix and the fibers, and also to maximize the ductility by developing micro cracks.

The designed 28-days compressive strength ( $f'_c$ ) of the standard cylinders ( $100 \times 200$  mm size) for the two mixes were 45 MPa, the actual compressive strength of the normal concrete and the PVA-ECC were 43.2 and 38.6 MPa, respectively. For the normal concrete mix, the dry materials are mixed for 10 minutes and then the water added with increasing the vertical mixer speed. For ECC, the dry binder materials (cement + fly ash) and the silica sand are mixed for three minutes at slow speed, after which the specified water is added with increasing the mixer speed to 30 minutes, in this stage the Superplasticizer is added for 2 minutes and then the PVA fibers are interspersed by hand during the mixing. After mixing is complete the matrix is molded and externally consolidated for ECC, internally vibrated for normal concrete slabs, and rodded for standard cylinders. In order to overcome the errors, three standard cylinders were cast for each standard test, where the compressive and tensile strength are evaluated in this work. The slabs and the standard cylinders were kept for 24 hours in laboratory condition, and then cast specimens are mold and cured for 28 days in the water tank.

**Table 2. Mix for the PVA-ECC and Normal Concrete**

mix. code	Fiber	Water	Cement	Fly ash	Silica Fume	Sand	Crashing stone	Silica sand	Super plasticizer
--------------	-------	-------	--------	------------	----------------	------	-------------------	----------------	----------------------



	%	lt	Kg/m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>3</sup>
P	0	216	465	-	35	1170	680	-	6.6
V	2	352	551.4	662	-	-	-	441.12	7.33

## Test Setup and Instrumentation

The test setup is followed the authors' recently work (Abo Altemen et al), where the slabs are supported on eight steel half balls, in order to represent the line of the contra flexure, the balls symmetrically distributed in a cycle of 400 mm diameter, the central angles were  $\pi / 4$  as shown in Figure 2. The yield line analysis is based on Equation 1, that produced by (Guandalini et al.)

$$P_{\text{flex}} = \frac{4 m_R}{r_q(\cos(\pi/8) + \sin(\pi/8)) - c} \times \frac{b^2 - (b \times c) - (c^2/4)}{b - c} \quad \text{Equation 1}$$

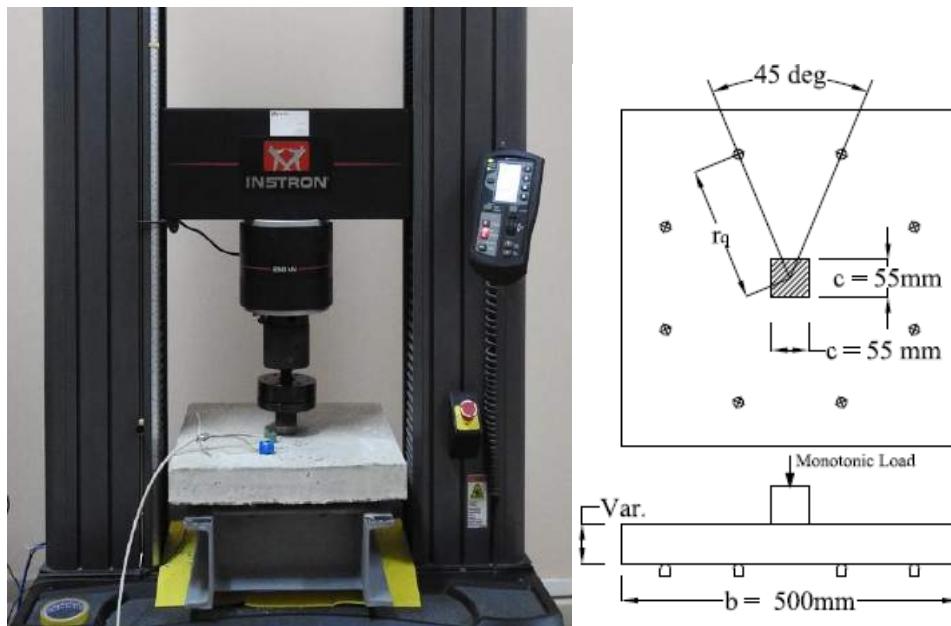
Where, b, c,  $\pi$ , and  $r_q$  are depicted in Figure 2, the section moment capacity  $m_R$  are obtained as follows (Guandalini et al.).

$$m_R = f_y \times \rho \times d^2 \times \left(1 - 0.5\rho \times \frac{f'_c}{f'_y}\right) \quad \text{Equation 2}$$

where d is the average effective depth of the section equal to  $(d_1 + d_2)/2$ ,  $f'_c$  and  $f'_y$  are the concrete compressive strength and bars' yield strength, respectively, and  $\rho$  is the reinforcement ratio taken as a sort of averaging as follows,

$$\rho = \frac{\rho_1 d_1^2 + \rho_2 d_2^2}{2d^2} \quad \text{Equation 3}$$

In addition to the jack displacement of a test machine, the deflection at the centre of the slab is measured using Linear Variable Differential Transformers (LVDT) located at the centre of the bottom face. The monotonic increasing load is applied through steel plate located at the centre of the slab; the load was applied in displacement control rate of 0.4 mm/min.



**Figure 2. Test Setup and Supporting Details**

## EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSION

### Punching Shear Strength

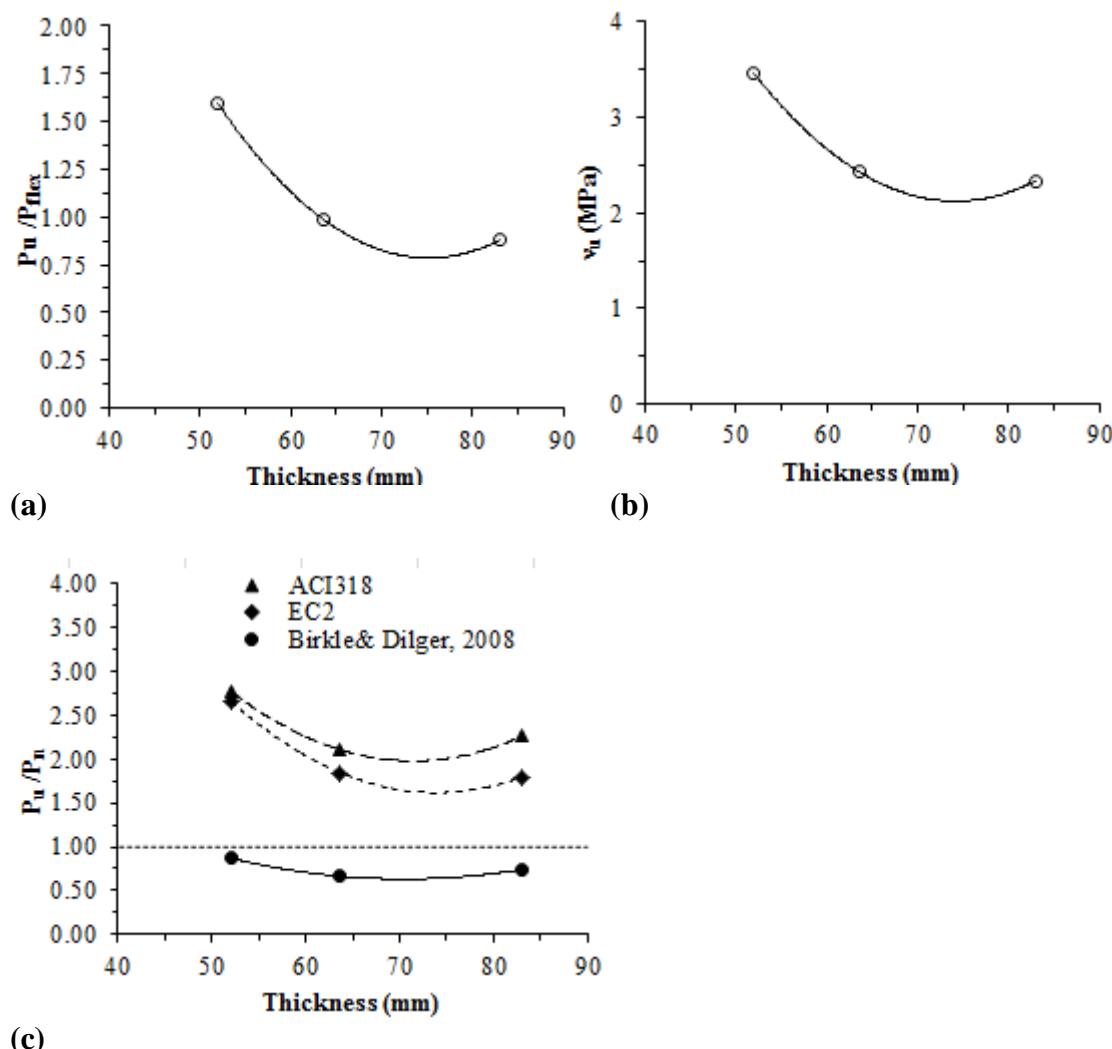
Table 3. summarized the test results. In spite of that  $f'c$  of the normal concrete is higher than  $f'c$  of the ECC, but the splitting strength ( $f_{sp}$ ) of the ECC were higher, it is shown that the correlation between the ( $f_{sp}$ )to the square root of the  $f'c$  was 0.59 which is close to correlation of the ACI318 [4] (0.556), while the correlation is increased 110 % for the ECC. This is not surprising because the ECC tends to form multi micro cracks between the first crack strain and the 1 % strain (Li, V.C.). The load required to initiate the cracks ( $P_{cr}$ ) compared to ultimate load resistance ( $P_u$ ) are increases with increasing the slab depth, the cracking load in ECC slabs are ranging between 7 and 14 % of the ultimate load, whereas the  $P_{cr}$  is initiated at 19 % of  $P_u$  for the specimen P (of normal concrete).

From the Table 3, it is shown that the slabs' strength increases with increasing the slab thickness, however, the flexural capacity are decreases (Figure 3a), that is lead to reduction in shear stress with increasing the slab thickness (see Figure 3b), this is agreed with Birkle and Dilger (Birkle & Dilger) finding. Comparing the ultimate strength with the nominal strength of the ACI318 (ACI318-14) and Eurocode 2 (EN1992-1-1) shows that these codes are conservative moreover; theses codes don't capture the effect of thickness on PVA-ECC. There are no differences between the two codes in prediction the punching shear for the V5, while the differences are increases with increasing the slab thickness. However, the proposed nominal strength by Birkle and Dilger (Birkle & Dilger) was not conservative and overestimated the ultimate resistance (see Figure 3c), but the latter is best considered the size effect than the codes' equation.

**Table 3. Summary of the Test Results**

Spec. Code	Age Day	Density $\text{Kg/m}^3$	d mm	$f_{sp}$ MPa	$f'c$ MPa	$\frac{f_{sp}}{\sqrt{f'c}}$	$P_{cr}$ kN	$\delta_{cr}$ mm	$P_u$ kN	$\delta_u$ mm	$\frac{P_{cr}}{P_u}$	$P_{flex}$ mm	$\frac{P_u}{P_{flex}}$

P	45	2330	29.7	3.85	43.20	0.59	9.89	0.86	51.31	5.52	0.19	38.29	1.34
V5	49	1987	29.7	7.68	38.66	1.24	9.65	0.51	61.02	6.15	0.16	38.29	1.59
V6	48	1979	39.7	7.68	38.66	1.24	11.90	0.75	69.27	3.96	0.17	70.26	0.99
V8	40	2013	59.7	7.68	38.66	1.24	12.87	1.87	135.53	3.81	0.09	153.97	0.88

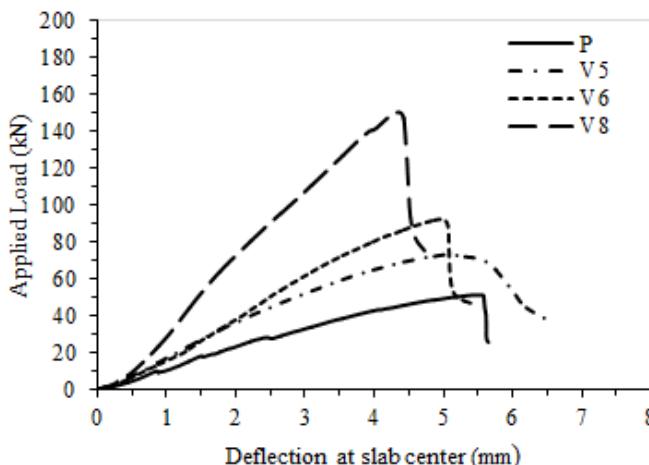


**Figure 3. Effect Of Slab Thickness On (a) Flexural Capacity (b) Shear Stress (c) With Other Proposed Nominal Equations (ACI318-14, EN1992-1-1, Brikle & Dilger).**

### Load –Deflection Relationship

Figure 4. shows the deflection response under increasing monotonic loading. The loads are applied to the tested specimens up to failure, however, the curves show the response up to 50 % of the  $P_u$ , this is based on the authors experience, where the effect of tensile membrane action are included at this level, the deflections in Figure 4 are recorded from the LVDT placed at the center of slabs. It is shown that  $\Delta P / \Delta \delta$  of the PVA-ECC slabs are more than the slab of the normal concrete, moreover,  $\Delta P / \Delta \delta$  are decreases with decreasing the slab thickness. At the failure zone (beyond  $\delta_u$ ) It is showing that the load of the slabs of 60 and 80 mm (V6 and V8) are decreased sharply, this behavior also shows in specimen P (slab of normal concrete), whereas the slab V5 the load is gradually decreasing in the failure zone. Based on these premises, the ductility of the slabs is decreased significantly

with increasing the slab thickness. Table 4 summarized the ductility of the tested slabs, the ductility refers to the efficiency of the materials to sustain the deformation before a collapse, the ductility quantified here in as a ratio of the deflection corresponding to 50 % of ultimate load to the deflection at first crack. From Table 4, it is clear that the ECC slabs show high ductility index than the slab of normal concrete, where the ductility index for V5 is more than that for P by 308 %, however, increasing the thickness of slab from 50 mm to 80 mm is reduced the ductility index by 25 %.



**Figure 4. Load-Deflection Curves for ECC Reinforced Slabs**

**Table 4. Ductility And Failure Mode**

Spec. Code	d	P <sub>u</sub>	<i>l<sub>cr</sub></i> <sup>†</sup>	$\mu$	Failure Type
	mm	kN	mm		
P	29.7	51.31	2.5d	2.5	P+F
V5	29.7	61.02	2.7d	10.4	P+F
V6	39.7	69.27	1.9d	6.9	P
V8	59.7	135.53	1.4d	7.8	P

†  $l_{cr}$  is the distance from the column face to the punching shear crack in term of effective depth d

### Cracks Pattern

The slabs designed to fail due to punching shear, the design applied to normal reinforced concrete in order to compare the effect of using high tensile and ductility materials. All slabs show the punching cone in deferent load levels. The important finding is that increasing the thickness is decreases the distance ( $l_{cr}$ ) from the column face to the punching circular crack.  $l_{cr}$  is represented in term of d, where  $l_{cr}$  is equal to 2.7 d in V5 this distance is reduced to 1.4 d in V8 with reduction of 48 % (see Table 4). That is means that the variation of the thicknesses is significantly affected the deformation.

Figure 5 shows the cracks patterns, where the failure of the ECC slabs are ranging between the uncompleted circle and completed circle, however, the slabs of 50 mm thickness of ECC and normal concrete shows radial cracks extended to edges of the slabs. Table 4 shows the type of failures. Moreover, it is recognised that the thicker slab shows more

cracks than that thinner; this is because of the brittle behaviour of the thicker slab in addition to the congestion of the reinforcement bars.

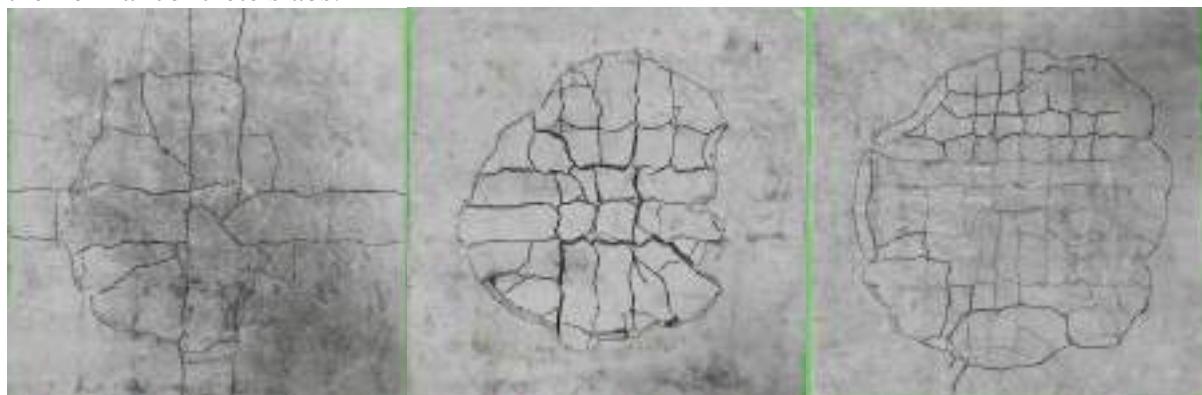
## CONCLUSIONS

Tests on slabs made from PVA-ECC materials, and with 50, 60, and 80 mm thickness, the control slab of normal concrete is designed due to in punching shear. The important conclusions driven from the current work can be summarized as follows,

Increasing the slab thickness was increased the ultimate punching shear strength, moreover, reducing a flexural capacity of the section and the shear stress at distance of  $d/2$ . The total deformations are reduced with increasing the slab thickness, and the thicker slabs tend to fail due to punching shear.

The proposed codes equations [4] [5] of the nominal punching shear strength are significantly under estimated the tested slab, and not captured the effect of slab size.

Using PVA-ECC materials are significantly enhanced the ductility of the slabs compare to the normal concrete slabs.



Specimen V5

$P_u = 61.02 \text{ kN}$

$f'_c = 38.66 \text{ MPa}$

$d = 50 \text{ mm}$

Specimen V6

$P_u = 69.27 \text{ kN}$

$f'_c = 38.66 \text{ MPa}$

$d = 60 \text{ mm}$

Specimen V8

$P_u = 135.53 \text{ kN}$

$f'_c = 38.66 \text{ MPa}$

$d = 80 \text{ mm}$



Specimen P

$P_u = 51.31 \text{ kN}$

$f'_c = 43.20 \text{ MPa}$

$d = 50 \text{ mm}$

**Figure 5. Cracks patterns of panels**



## REFERENCES

- ACI318-14. (2014) Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318M-14) and Commentary. *American Concrete Institute*, Farmington Hills, MI, ACI 318,-14.
- Abo Altemen, A.A., Arna'ot, F. H., Abbass, Ahmmad. A.& OZAKCA ,M. (2017). Punching Shear Behavior of Small SFRC Flat Plate. Proceeding ICOCEE Cappadocia 2017:2<sup>nd</sup> International Conference on Civil and Environmental Engineering. Nevsehir, TURKEY, 891-901.
- Bazant, Z. P. & Cao, Z. (1987). Size Effect in Punching Shear Failure of Slabs. *ACI Structural*, Title no. 84-S6, 44-53.
- Brikle, G. & Dilger,W. H. (2008). Influence of Slab Thickness on Punching Shear Strength. *ACI Structural Journal*, 105(2), 180-188.
- Broms, C. E. (2005). Concrete Flat Slabs and Footings Design Method for Punching and Detailing for Ductility. *Royal Institute of Technology*, Stockholm, Ph.D Thesis.
- DIN1045-2. (2008). Concrete reinforced and pre-stressed concrete structures- Part 1: *Design and construction*, August 2008.
- EN1992-1-1.(2004). Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: *General rules and rules for buildings*. CEN, Brussels.
- Guandalini, S., Burdet, O.L. & Muttoni, A. (2009). Punching Tests of Slabs with Low Reinforcement Ratios. *ACI Structural Journal*, 106(1), 87-95.
- Li, V.C. (2007). Engineered Cementitious Composites (ECC) – Material, Structural, and Durability Performance. In *Concrete Construction Engineering Handbook*, New York: CRC Press,.
- Mutton, A. & Schwartz, J. (1991). Behavior of Beams and Punching in Slabs without Shear Reinforcement. *IABSE Colloquium*, 62, 703-708.
- Regan, P. E. (1981). Behavior of Reinforced Concrete Flat Slabs. *CIRIA Report 89* (*Construction Industry Research and Information Association*), Press London.
- Shehata, I. (1990). Simplified Model For Estimating The Punching Resistance Of Reinforced Concrete Slabs. *Materials and Structures/ Materiaux et Constructions*, 23, 364-371.



## RESPONSE OF STEEL FIBER CONCRETE HOLLOW BEAMS UNDER FOUR POINTS TEST

Raad A. ALAMERI

Gaziantep Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gaziantep

Raadalamiry3@gmail.com

Ahmmaed A. ABBASS

Gaziantep Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gaziantep

engaaa78@gmail.com

Farid H. ARNA'OT

Gaziantep Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gaziantep

farnaot@gmail.com

Mustafa OZAKCA

Gaziantep Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gaziantep

Ozakca@gantep.edu.tr

**ABSTRACT:** The behavior of reinforced concrete hollow simply support beams under four-points flexural test load are discussed in this study, to investigate the ultimate load capacity of a hollow beams compared to a solid and hollow plain beams. Five hollow beams with square cavity ( $80 \times 80$  mm) along a beam are constructed and tested in this study. All beams has square section. The three steel fiber reinforced concrete beams are included three different steel fiber dosages (0.5, 1.0, 1.5% volume fraction to compered with control plain concrete hollow and solid beams.

Steel fibers are controlling the over whole deformation behavior. The test results showed that the inclusion of 1.5 % fiber give the best results, where the compressive strength and tensile strength are increased by 15 % and 84 % compared to the plain concrete, respectively. Moreover, the ultimate load resistance of the 1.5 % steel fiber reinforced beams are increased by 43 % compared to the normal concrete.

**Keyword:** Hollow Beam, four point's flexural test, Steel fiber, reinforced concrete beams

### INTRODUCTION

Structural concrete is the lowest cost / strength ratio, with brittleness behavior and low tensile strength that required improvement. One of the best and low cost improvement is by using fiber in the matrix, Steel Fibers (SF) are widely used in concrete mixtures in order to increases the mechanical properties of the concrete, it is shows that the SF have an positive effect on the energy absorption capacity and toughness, in addition to enhance the ductile behavior, transfer the stress between the two edge of the cracks by bridging, and improved durability [Inoue & Egawa,], in turns, increasing the shear resistance and controlling shear cracking of reinforced concrete members. Many researches had been conducted on this technic, it is shows not to limit, that include the fibers are delay the initial cracks by reducing the stress intensity, which is affect the first cracking, and dissipated the energy that propagating the crack [Guleria], Steel fiber reinforcement in



beams (up to 1.2 percent) mobilizes in tension zone much more effectively to resist the external load, moreover fiber reinforcement achieves better tensile cracks distribution in the beams and minimizes the penetration of the shear cracks into the compression zone [Romualdi & Batson].

Experimental studied carried out by [Swamy et al] showed that SF significantly improve the load carrying capacity, post-cracking stiffness, and cracking response, but decrease ductility. Specifically, with the inclusion of 2% volume of SF, approximately 27%-54% higher load carrying capacity and 13%-73% lower ductility are obtained. In addition, an increase in the length of smooth SF and the use of twisted SF enhance the post-peak response and ductility; however, no noticeable difference is found in the load carrying capacity and post-cracking stiffness. Cracking response is in accordance with fiber length and type.

The heavy mass of reinforced concrete stays the unlikely adjective especially in precast concrete members. Therefore, reduction the member's weight is important in large-span beams, among a various solution is to remove the core of the beam, the parts of zero stress be economically desirable. Where the materials are essential reducing, the weight reducing lead to decrease the dead load on the other structure's members, which in turns indirectly reduces the other members materials required.

Reinforced concrete rectangular beams with circular openings of diameter less than 44% of the depth of beam ( $h$ ) exerted no effect on the ultimate load capacity; in addition, circular openings with a diameter by about 44% of  $h$  reduced the ultimate load capacity by at least 34.29% [Yazici, et al].

The complex behavior of hollow section beam, need different structural analysis, where the section of this type consist of two types of sub-members, two flanges and two webs, each of these type are of different structural behavior, for example, the top flange behave as a plate monolithically connected with two walls, while the web is behave as a wall restraint in two ends and exposed to axial forces. Many researches had been conducted on evaluating the capacity of this beams based on the direct design method [Alnauimi & Bhatt], [Alnauimi et al]. They found that the hollow beam is failed close to design load, while the design direct design applying to the solid beam is more conservative. Moreover, the load resistance of hollow beam is less than the solid when the bending dominant.

In the current study, the authors planned to improve the behavior of the concrete materials by produce a mixture with high fine aggregate and increasing the cementations materials surface area using silica fume, the effect of steel fiber content on the behavior of the hollow beams are investigated by construction and testing five beams with different volume fraction of SF percentages, the judgment of enhancement is based on the ultimate load resistance.

## EXPERIMENTAL WORKS

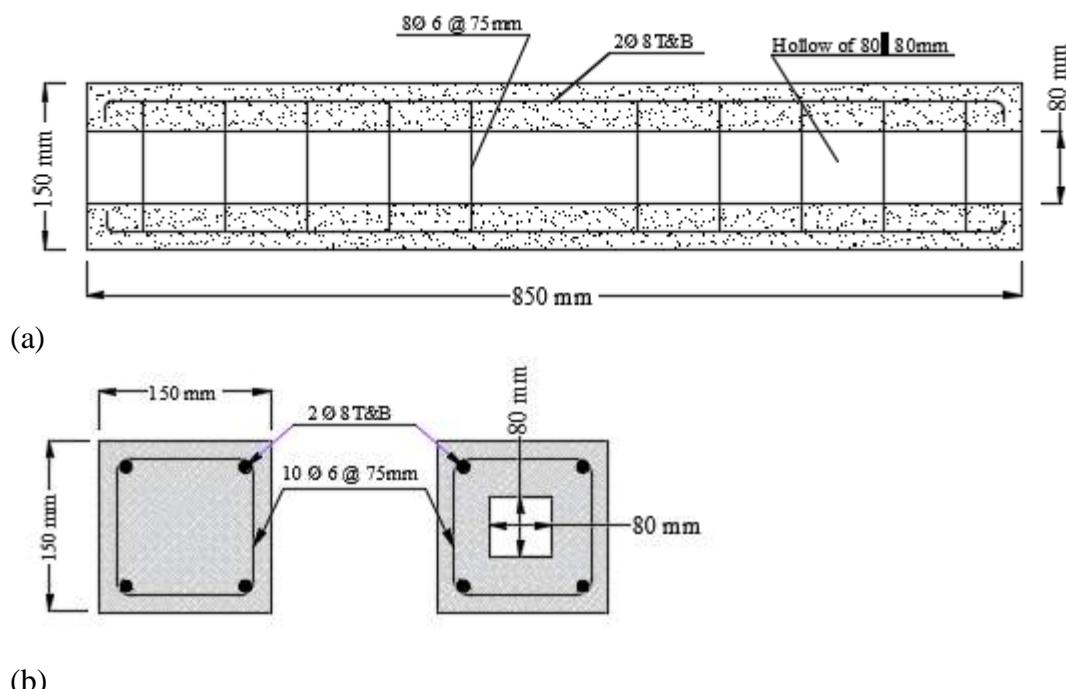
### Beams Geometry

Current work are aim to investigate the behavior of hollow beams that reinforced by SF in addition to conventional reinforcement bars. To achieve the aim, totally five beams are constructed and tested, in which three SF reinforced concrete beams of  $150 \times 150 \times 850$  mm dimensions, with  $80 \times 80$  mm longitudinal hole centrally located along the beams (see Figure 1), the beams coded as H0.5, H1, H1.5 based on the SF dosages, inclusion the hole

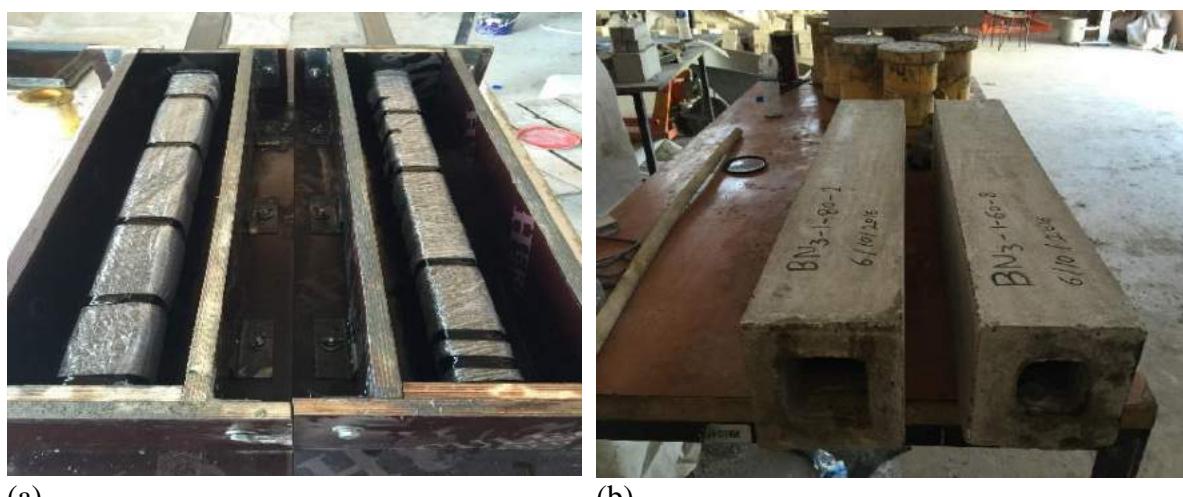
in the center of beam is produces two flanges and webs of 35 mm. For comparisons purposes, two control beams of plain concrete are constructed, one of solid section coded as S0, and the other of same hollow of the mentioned SF reinforced concrete beams coded as H0. All beams are reinforced by conventional flexural reinforcement, four Ø8 mm reinforcing bars are used, two bars in each zone (tension and compression zones), the beams are reinforced to resist the applied shear forces by 10 Ø 6.3 mm stirrups, the stirrups arranged so that the zero shear zone is excluded from stirrups. The concrete cover for all beams was 10 mm from the two sides of the hollow beam's webs and flanges. The yielding and ultimate strength of steel for Ø8 mm are 503 and 574 MPa, respectively, and for Ø6.3 mm are 400 and 558 MPa. Figure 1 shows the details of the reinforcement details, and the stirrups configuration.

In order to construct the hollow in the beams, 80 × 80 mm iron section is used, fixed inside the two smaller side plywood shutters, so that the percentages of volume removed from the solid beam is 28 %. The main problem that the authors concerned about is that removing the inner steel section without applying undesirable stresses during the first hours of the concrete hardening, the problem is aggravated due to concrete shrinkage and/or consolidating. The iron section were covered by bubbled plastic sheet of 4 mm bubble height, moreover, the contact area between iron section and the plastic sheet and area between sheet and the poured concrete were lubricated (see Figure 2).

Three volume percentages of hooked ends SF are 0.5, 1.0, and 1.5 %, the length of the fiber  $l_f$  is 30 mm and diameter  $D_f$  is 0.55 mm, hence the  $l_f / D_f$  is equal to 55, ultimate tensile strength is 512 MPa, density of about 7850 kg/m<sup>3</sup>, and modulus of elasticity is 210 GPa,  $f_y$  of 1500 MPa are used.



**Figure 1. Reinforced Concrete Beam (a) Longitudinal Section (b) Solid and Hollow Sections Details**



**Figure 2. Experimental Work (a) Hollow Configuration in Plywood Mold (b) Casted Beams**

### Materials and Mix

The mix is designed to produce a 28 days standard cylinder compressive strength of 65 MPa compressive strength. In addition to the high compressive strength, the design aimed to produce a concrete with less pores, more homogeneous, proper bond between the coarse aggregate and SF, and fast gaining the strength, high fine particles content are used. The mix contents a fine aggregate of river sand of 63 % by weight of the total aggregate. Moreover silica fume are added as a cementitious materials of 7 % by weight of the total weight of cementitious materials of in addition to the cement, inclusion silica fume are increases the binder surface area 40 to 100 times. The mix proportions are summarized in Table 1.

**Table 1. Concrete Mix Proportion Per One Cubic Meter**

Mix (Kg)	S.F (V <sub>f</sub> %)	W/(C+SF)	C (Kg)	S.Fume (Kg)	S (Kg)	G (Kg)	W (Kg)	Water reducer (Kg)
S0	0							
H0	0							
H0.5	0.5	0.43	465	35	1170	680	216	6.6
H1	1							
H1.5	1.5							

S.F; steel fiber, C; cement, S.Fume; silica fume, S; sand, G; gravel, W; water

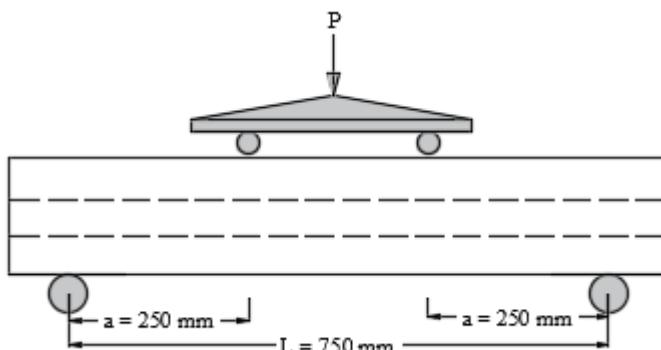
Because of different percentages of SF used. Each beam is produced from different batch. For each batch, the surface dry aggregate materials are mixed in a vertical rotating mixer for 10 minutes, and then the cementitious materials added with 5 minutes mixing. The water is added after the particles in the mixture shows consistence. The plain mixer slump are checked, based on the slump test the high water reducer are added with increasing the

mixer's speed. SF are spread by hand, the mixer is revolute for more 45 revolution in high speed. The concrete then poured in the beam mould and the standard cylinders of  $100 \times 200$ . In order to overcome the error three cylinders were casted for each test. The plain concrete cylinders were internally rodding according to ASTM C31 provisions, while the SFR concrete is externally vibrated in order to prevent SF balling. Compressive strength according to ASTM C39, Brazilian test according ASTM C 496, Young's modulus according to ASTM C469 is used to evaluate the concrete mechanical properties. The casted beams and standard cylinders were kept under laboratory condition and covered by burlap for 24 hours, after which the specimens remoulded and cured for 28 days in water tanks, so the beams and the cylinders are exposed to the same curing conditions.

### Test Configuration

All beams were simply supported on the test machine, the monotonic increasing load are applied through two rollers as shown in Figure 3, rollers in support an in loading system are used in order to avoid the moment resistance induced from friction load. The clear beam span (distance between two supports) was 750 mm, while the distance between the two points load was 250, which is lead to 1.92 shear arm (a/d). The beams was loaded up to failure, two LVDT's were attached beneath the beam surfaces, alignment with the loading points. Moreover, the jack displacements are recorded in order to evaluate the deformation in the beam section.

The load is applied in displacement controlled mode of rate 0.4 mm/min, crack initiation and propagation are marked and recorded, and the failure mode is visually inspected.





**Figure 3. Beams Loading Setup**

## TEST RESULTS AND DISCUSSION

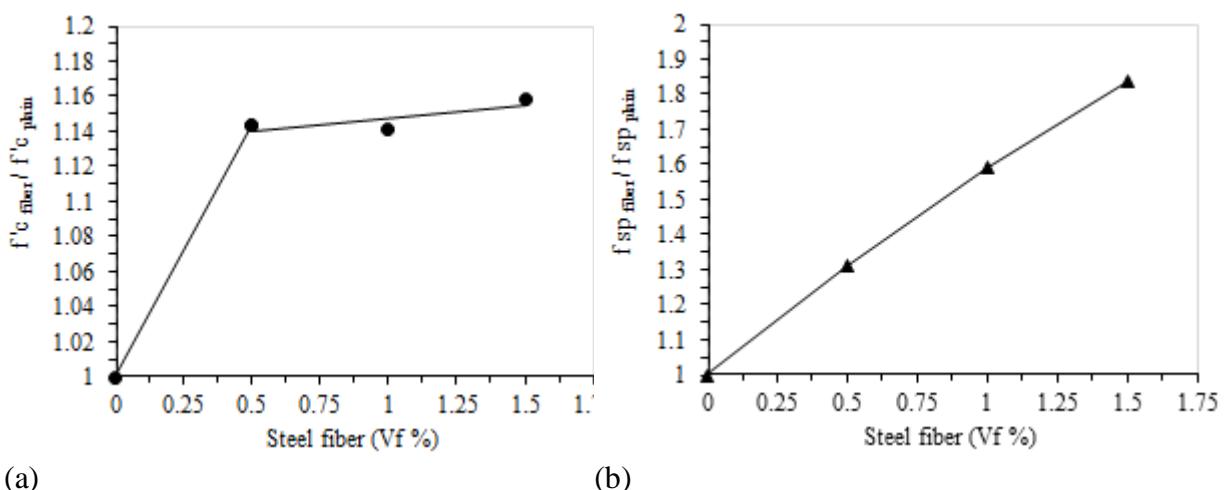
### Materials Properties

Table 2 summarized the materials properties, from the obtained materials test results. It shows that the mechanical properties of concrete are significantly enhanced when SF are included, where the compressive strength ( $f'_c$ ) are increased by 14 and 15.8 % in case of using 0.5 and 1.5 % volume fraction of SF, respectively. Figure 4a depicted the enhancement percentage. Sequentially the tensile strength is significantly increased when the steel fiber are using, where the specimens with 0.5, 1.0, 1.5 % SF is used, the splitting tensile strength ( $f_{sp}$ ) is increased by 31, 59, and 84 %, respectively. This enhancement percentages are illustrated in Figure 4b.

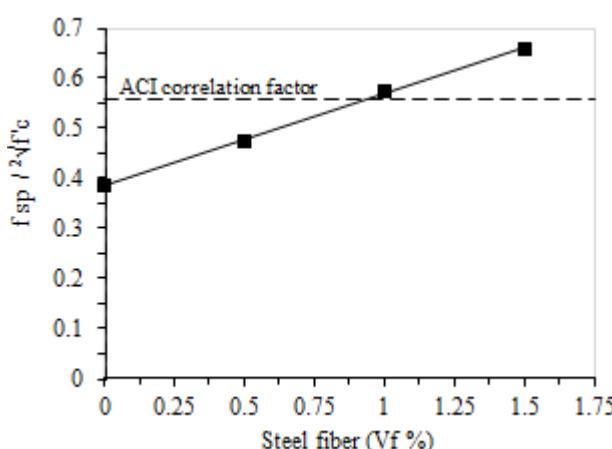
**Table 2. Concrete Characterized Materials' Properties**

Mix (Kg)	S.F (V <sub>f</sub> %)	age day	f' c MPa	f <sub>sp</sub> (Kg)	E <sub>c</sub> (Kg)
H0	0	37	68.7	3.2	
H0.5	0.5	37	78.56	4.2	
H1	1	54	78.4	5.1	
H1.5	1.5	37	79.55	5.88	

Splitting tensile strength ( $f_{sp}$ ) is correlated to the  $\sqrt{f'_c}$  as shown in Figure 5, it is clear that the correlation factor is increases with increasing the SF dosages, moreover, the constant correlation 0.556 according to ACI318 (ACI318-14, 2014) is intersect with current work line in about 1 %.



**Figure 4. Effect of Steel Fiber Dosages on Concrete Strength (a) Fibrous Compressive Strength as Unity for Plain Concrete (b) Fibrous Tensile Strength as Unity for Plain Concrete**



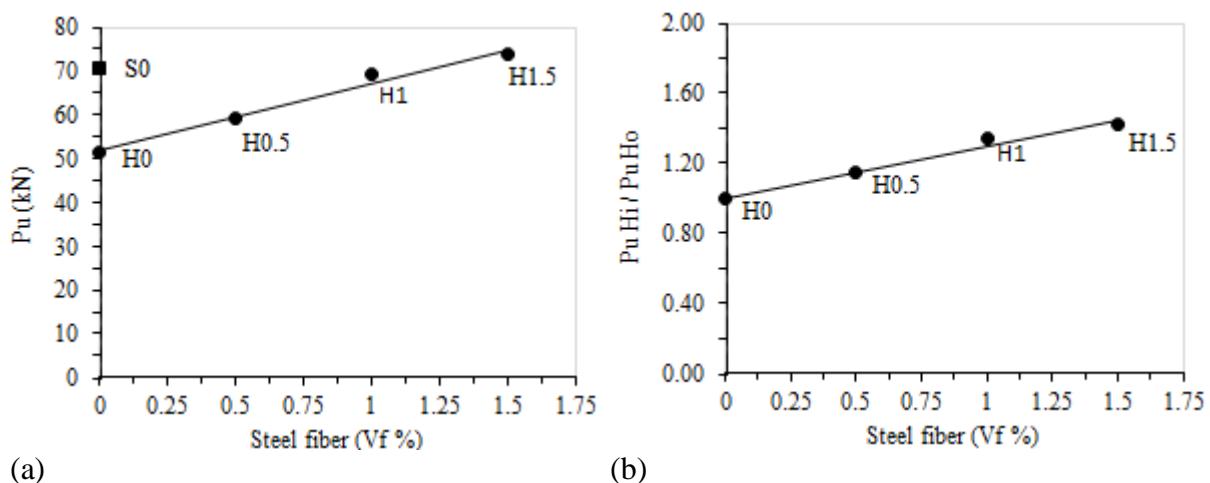
**Figure 5. Variation of the Correlation between Splitting Tensile and Square Root of Compression Strength with Increasing Steel Fiber Dosages Ultimate Beams' Strength**

Five beams are tested under four-points flexural test, in which three hollow section beams (H0.5, H1, and H1.5) are reinforced by steel fiber of 0.5, 1.0, and 1.5 % by volume, the test results are compared to the other two beams of plain concrete, one is solid and the other have the same hollow size of the SFRC beams, the details of the beams are summarized in Table 3. The calculated section moment capacity for the solid beam of plain concrete was 6.2 kN.m, whereas the tested ultimate moments are shown in Table 3. The tested ultimate moment ( $M_u$ ) are calculate as,

$$M_u = \frac{P_u a}{2} \quad \text{Equation 1}$$

where  $a$  is the shear arm illustrated in Figure 3, and  $P_u$  is the ultimate load resistance of the beams.

Figure 6 shows the ultimate load obtained from the test. In Figure 6b,  $P_u$  of the fibrous beams are taken as unity for plain concrete hollow beam H0, compared results shows that removing 28 % of the cross-sectional area is decreases the  $P_u$  by 36 %, sequentially, inclusion of 0.5 % of SF are enhanced the  $P_u$  by 14 %, this percentages is increasing significantly with increasing the SF. Moreover, increasing the SF are increased the first crack resistance load ( $P_{cr}$ ), where  $P_{cr}$  of the beam H1.5 is increased by 12 % compared to H0.



**Figure 6. (a) Effect of SF Dosages on Ultimate Beam Resistance (b) SF Reinforced Concrete Ultimate Load as Unity for Plain Concrete**

**Table 3. Load Resistance Characterize**

Specime n	f ' c	P <sub>cr</sub>	δ <sub>cr</sub>	P <sub>u</sub>	δ <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	$\frac{P_{cr}}{P_u}$	$\frac{P_{u,fiber}}{P_{u,plain}}$	EAC <sup>†</sup>
	MPa	kN	mm	kN	mm	kN.m			kN.mm
S0	34.6	11.79	2.08	70.5	15.5	8.8175	16.7	1.36	746.41
H0	68.7	22.58	2.03	51.6	5.0	6.45875	43.7	1.00	125.11
H0.5	78.56	22.29	1.73	59.1	12.3	7.39125	37.6	1.14	552.68
H1	78.4	21.03	1.25	69.2	10	8.65375	30.3	1.34	518.03
H1.5	79.55	25.22	1.47	73.7	10.6	9.21625	34.2	1.43	599.24

<sup>†</sup> EAC refer to energy absorption capacity

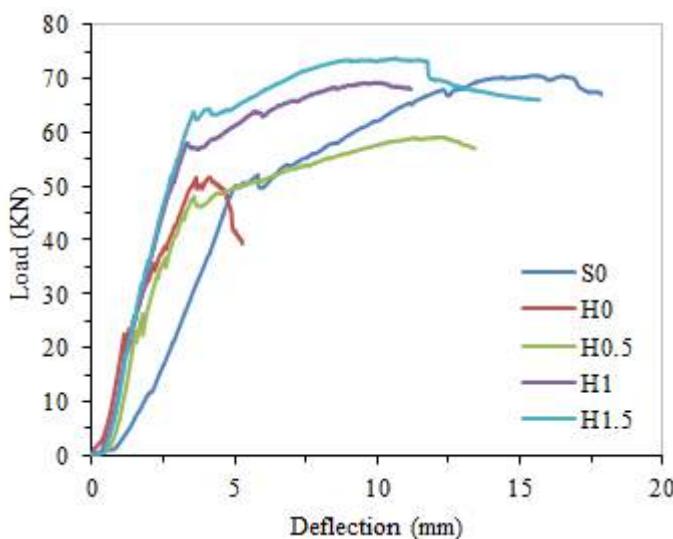
### Load Deflection Behavior

Figure 7 shows the development of deflection due to applied load, the history of the load-deflection curve can be divided by four stages, elastic behavior is the first portion in load-deflection curve, in this portion the deflections are varying linearly with increasing load up

to first crack, at the next stage the curve is still linear like but the first reinforcement bar is yielding, after all reinforcement is yielding the curve will be nonlinear and shows displacement hardening plateau up to ultimate load, except the H0, which is failed in brittle manner. After which, the load decreases due to low resistance up to failure load. It is worth to mention here that the curve of H0 shows extraneous displacements at low load, therefore the curve is adjusted according to ASTM C1550.

From Figure 7 it is shows that all hollow beams have the same behavior up to first crack, this is not surprisingly because the fires act after the crack initiation, after first crack the curves of S0 and H0 are show more deformation than H1 and H1.5. The latter two curves have parallel curves along the nonlinear stage, although, H0.5 showed different behavior after first crack, but still have parallel behavior in nonlinear stage. Solid S0 shows more deformation along all the stages compared with hollow SFRC beams, this is because the steel fiber is controlling the cracks effectively after first and propagation crack.

The Energy Absorption Capacity (EAC) is also increased with increasing the SF, but still less than the solid beam, where increasing the steel fiber dosage from 0.5 % to 1.5% increased the EAC by 8 %. However the EAC of the solid beam S0 is more than the EAC of H1.5 by 24 %.



**Figure 7. Load Deflection Curves for All Tested Beams**

### Cracks Pattern

The tested beams are loaded up to failure, this is causes a wide central flexural crack, Figure 8 shows the cracks patterns, for all beams, it is showing that both flexural and shear cracks doesn't reach the top flange, this is because the low flexural capacity compared to shear capacity. Increasing the SF is decreases the number of cracks, this is not expected behavior. The shear cracks for all SF beams start at a distance  $a / 2$  from the supports, whereas the shear crack started at the support for plain concrete hollow beam which is cause beam failure near the support due to high stress on the bottom flange, this is expect

because the wings of the beam (distance from the support to the free ends) was small, therefore the cover was unreinforced by SF.



**Figure 8. Cracks Patterns of tested beams**

## CONCLUSIONS

From premised on our findings, following conclusion can be driven, Generally, SF have a significant effect on the behavior of SF reinforced concrete hollow beams, inclusion steel fiber of 1.5 % volume give the best improvement.

Inclusion SF increase the ultimate load resistance by 43 % when using SF of 1.5 % by volume.

Beams with 1.5 % SF increased the energy absorption capacity by 24 % compared to beam of 0.5 % SF.

Core of the solid beam of zero stress can be removed, the losses strength due to interaction of the shear and flexural forces in the zone beneath the loading points, can be compensated by using steel fiber. Removing 28 % of the sectional area of the beam behave approximately the same of the solid beam when using 1.5 % SF.

## REFERENCES

- Alnauimi, A. S. & Bhatt, P. (2004). Direct design of hollow reinforced concrete beams. Part II experimental investigation. *Structural Concrete* 2004. 5, 147-160.



- Alnuaimi, A. S., Al-Jabri, K. S. & Hago, A. (2008). Comparison between solid and hollow reinforced concrete beams. *Material and Structure 2008*. 41, 269-286.
- ACI544.5-10, .Report on the Physical Properties and Durability of fibres-Reinforced Concrete. *American Concrete Institute, Standard 544, 2010*.
- Guleria, A. (2014). Comparison of Seismic Performance of Solid and Hollow Reinforced Concrete members in RCC framed Building using ETABS Software. *International Journal of Advances in Engineering Sciences 2014*. 4(4), 43-47.
- Inoue, S., & Egawa, N. (1996). Flexural and Shear Behavior of Reinforced Concrete Hollow Beams under Reversed Cyclic Loads. Eleventh World Conference on Earthquake Engineering (11. WCEE), *Paper No. 1359*, Elsevier Science Ltd..
- Romualdi, J.P., & Batson, G.B. (1963). "Behaviour of Reinforced Concrete Beams with Closely Spaced Reinforcement", 1963. *ACI Journal, 60(6), June 1963*.
- Swamy , R. N., AI-Taan , S., & Ali, Sami A. R. (1979). Steel Fiber for controlling Cracking and Deflection. *Concrete international 1979*. 6, 41-49.
- Yazici, S., Inan, G. & Tabak, V. Effect of Aspect Ratio and Volume Fraction of Steel Fiber on the Mechanical Properties of SFRC. *Construction and Building Materials, 2007*. 21(6), 1250-1253.



## EFFECT OF CHEMICAL COMPOSITION AND HEAT TREATMENT ON THE DEGRADATION OF MANGANESE STEELS

HADJI Ali<sup>1</sup>, DJIDJA Djamel<sup>1</sup>, MAOUCHÉ Hichem<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Foundry Laboratory, Badji Mokhtar University Annaba, BP 12 23000, Annaba Algeria.

<sup>2</sup> Unit for Applied Steel Metallurgy/URASM CSC, Annaba, Algeria.

**ABSTRACT:** This study treats an austenitic manganese steel alloy for the production of core railway tracks which are among the most stressed parts of the rail network. This steel is characterized by a structural change in service caused by hardening. According to the microstructure formed after annealing, the transformation of austenite during the hardening into martensite and bainite determines its operating life. The rate of transformation of austenite can force a compromise between the best features of the steel to withstand large forces without deteriorating. The objective of this study is to optimize a heat treatment cycle to minimize the loss of material abrasion. The addition of nickel, gamma-element and molybdenum, alphagenic and carbide element, promote a secondary influence on the time and on the rate of transformation of austenite during hardening. The samples prepared in an induction furnace are characterized by X-ray diffraction, optical microscopy and scanning electron microscope (SEM). The abrasion tests are performed on the steel base which is used to this day for hearts track railway, and on samples in which are added nickel and molybdenum. The results showed that the introduction of molybdenum and nickel strongly influenced the crystallization character. Precipitation of carbides of various shapes and finer is observed in microstructure in the gross casting state to compare the treatment state. These elements have transformed much of austenite into martensite and bainite after two cycles of heat treatments applied; this has strongly influenced positively the resistance to wear by friction. This study allowed to develop steel grade manganese can be integrated into the production of heart track railway with improved cycle life.

Keywords: austenitic manganese steel, carbide element, carbide precipitation.



## PERFORMANCE AND EMISSION ANALYSIS OF ETHANOL AND ISOPROPANOL AS ADDITIVES WITH DIESEL FUEL IN A CRDI DIESEL ENGINE

Ertan ALPTEKIN\*

Kocaeli University, Department of Automotive Engineering, 41380, Izmit, Turkey

Alternative Fuels R&D Center, Kocaeli University, 41275 Izmit, Turkey

Corresponding Author: ertanalptekin@kocaeli.edu.tr

Huseyin SANLI

Ford Otosan Ihsaniye Automotive Vocational School, 41650 Golcuk, Turkey

Alternative Fuels R&D Center, Kocaeli University, 41275 Izmit, Turkey

huseyin.sanli@kocaeli.edu.tr

Mustafa CANAKCI

Kocaeli University, Department of Automotive Engineering, 41380, Izmit, Turkey

Alternative Fuels R&D Center, Kocaeli University, 41275 Izmit, Turkey

canakci@kocaeli.edu.tr

**ABSTRACT:** In this study, ethanol and isopropanol were used as additives with diesel fuel and two blends (15% ethanol-85% diesel fuel, and 15% isopropanol-85% diesel fuel) were prepared. Detailed and comparative performance and emission analysis of these blends and pure diesel fuel were performed in a common rail direct injection (CRDI) diesel engine. The test engine was operated under three engine speeds (1500, 2000 and 2500 rpm) and four engine loads (BMEP: 3.3, 5.0, 6.6 and 8.3 Bar) test conditions. According to the experimental results, alcohol fuel blends with diesel fuel caused higher brake specific fuel consumption (BSFC) values. Outcomes of emission tests revealed that the CRDI diesel engine fueled with alcohol-diesel fuel blends emitted higher THC, CO and NO<sub>x</sub> emissions compared to neat diesel fuel. Alcohol fuel blends did not significantly affect CO<sub>2</sub> emissions. Ethanol-diesel and isopropanol-diesel fuel blends had similar performance and emission results to each other.

**Key words:** common rail, diesel engine, emission, ethanol, isopropanol

### INTRODUCTION

Due to the environmental advantages, many countries mandate biofuel usage in the petroleum diesel or gasoline fuels. Alcohol fuels are alternative for petroleum-based fuels. One of the most prominent alcohols is ethanol due to its renewability and utility in both compression and spark ignition engines. Another advantage of using ethanol as a fuel is that agricultural feedstocks and their wastes can be used in ethanol production. Ethanol usage in compression ignition engines provides lower smoke, sulfur and particulates (Owen and Coley, 1995). Ethanol is also used as additives to improve the fuel properties such as distillation characteristics and cold flow properties (Kwanchareon and Luengnaruemitchai, 2007; Jimenez et al., 2010). Main disadvantages of ethanol to use in a diesel engine are low cetane number and the solubility problem in the petroleum diesel fuel (Jimenez et al., 2011; Al-Hassana et al., 2012). When ethanol fuel is mixed with the



petroleum diesel fuel, there is a phase separation between these fuels. This encountered problem can be solved by using other alcohol fuels such as isopropanol. Isopropanol is another oxygenated fuel which can also be produced from biomass like ethanol. The carbon chain of isopropanol is longer than that of ethanol. This property provides better solubility in diesel fuel (Lapuerta et al., 2010).

There are many investigations about ethanol usage in the conventional diesel engines. However, the investigations about the usage of ethanol as an additive with the diesel fuel in the common rail direct injection (CRDI) diesel engines are not sufficient. On the other hand, the researchers (Kumar and Saravanan, 2016) stated in their recent review study about alcohol fuels in the diesel engines that there are very few studies about isopropanol usage in the diesel engines. Therefore, a CRDI diesel engine was fuelled with pure petroleum diesel fuel, ethanol-diesel and isopropanol-diesel fuel blends. Effects of these fuels on the engine performance and exhaust emissions were studied under different engine speed and loads.

## MATERIALS AND METHODS

In the present study, diesel fuel was bought from a local gas station. Ethanol and isopropanol were bought from a chemical supplier and their purities were higher than 99%. The prepared test fuels were diesel fuel (D), ethanol (E), isopropanol (IPA), DE15 (15% E, 85% D) and DIPA15 (15% IPA, 85% D). As well-known from the literature, 15% ethanol is one of the most preferred blends by the researchers. Therefore, isopropanol and ethanol amount were kept to be 15% in diesel fuel. The properties of the test fuels (Table 1) were characterized in the Alternative Fuels R&D Center in Kocaeli University and Marmara Research Center-The Scientific and Technological Research Council of Turkey.

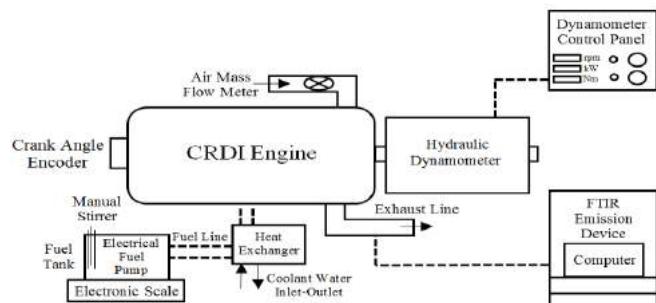
**Table 1. Basic Fuel Properties of the Test Fuels**

Fuel	Density (15°C, kg.m <sup>-3</sup> )	Viscosity (40°C, mm <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> )	Higher Heating Value (MJ.kg <sup>-1</sup> )	Flash Point (°C)	Cetane Number
Test Methods	ASTM D4052	ASTM D445	ASTM D240	ASTM D93	ASTM D613
D	831.7	2.58	45.98	63	54.9
DE15	824.5	2.28	43.27	< 25	48.0
DIPA15	823.3	2.35	44.11	< 25	49.4
Ethanol	793.4	1.16	29.58	< 25	8*
Isopropanol	789.6	1.79	33.15	< 25	12*

\*Ref.: Kumar and Saravanan, 2016.

The test engine is a water-cooled, turbocharged-intercooled diesel engine with CRDI fuel system. Technical specifications of the test engine were given in Table 2. A hydraulic dynamometer (see Table 3) was used to keep the engine under different engine loads. Three different engine speeds (1500, 2000 and 2500 rpm) in this range and four partial engine loads (BMEP: ~3.3, 5.0, 6.6 and 8.3 Bar) were selected as the engine conditions. General view of the experimental setup was illustrated in Fig. 1. The test engine was not modified for different kinds of tests fuels and factory defaults were used. The intake air mass flow was measured by AVL Flowsonix-Air product. The fuel temperature was

controlled by a heat exchanger and kept around  $40^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ . Fuel consumption was measured by an electronic scale with a precision of 1g. AVL SESAM FTIR emission device was used to measure the exhaust emissions. The specifications of the exhaust emission device were shown in Table 4.



**Figure 1. The Experimental Setup**

**Table 2. Specifications of the Test Engine**

Engine	1.9 liter, Fiat JTD
Type	Direct injection, turbocharged, intercooler, four stroke, water cooled, common-rail
Number of Cylinder	4
Bore - Stroke	82 mm - 90.4 mm
Compression Ratio	18.45:1
Maximum Power	77 kW at 4000 rpm
Maximum Brake Torque	205 Nm at 1750 rpm

**Table 3. Specifications of the Hydraulic Dynamometer**

Brake Model	BT-190 FR
Maximum Power	100 kW
Maximum Load	750 Nm
Maximum Speed	6000 rpm
Load Measurement	Load Cell

**Table 4. Specifications of Exhaust Emission Device**

Parameter	Unit	Accuracy
THC	ppm	< $\pm 2\%$ of measured value or $\leq \pm 1\%$ of full scale, whichever is smaller
CO	ppm	better than $2\% \pm$ of measured value
CO <sub>2</sub>	%	better than $2\% \pm$ of measured value
NO <sub>x</sub>	ppm	better than $2\% \pm$ of measured value



## RESULTS AND DISCUSSION

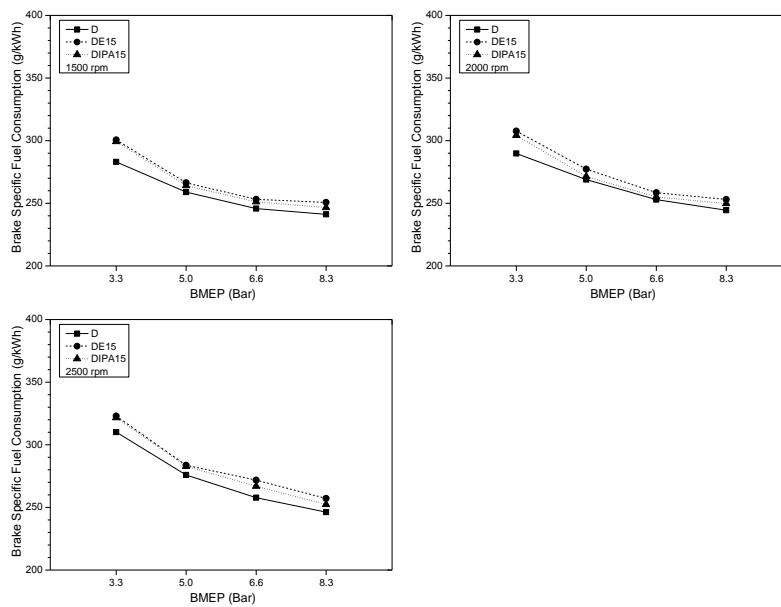
Blend stability is important for the additive usage in diesel engines. Therefore, blend stability tests were performed before the experimental procedure. Two blends containing 15% ethanol or isopropanol and 85% diesel fuel were prepared. There was phase a separation when using ethanol in diesel fuels. For this reason, a mechanical stirrer was used to ensure the blending stability. On the other hand, any phase separation was not seen for the blend of isopropanol-diesel fuel at room temperature. The engine tests were repeated by three times and the results were averaged.

### Basic Fuel Properties of the Fuels

Main fuel properties of the test fuels such as density, viscosity, heating content, flash point and cetane number were measured and given in Table 1. Isopropanol and ethanol blend have lower density, viscosity, flash point, heating content and cetane number compared to pure diesel fuel. The cetane number of DIPA15 was higher than that of DE15 and the other properties were close to each other.

### Brake Specific Fuel Consumption (BSFC)

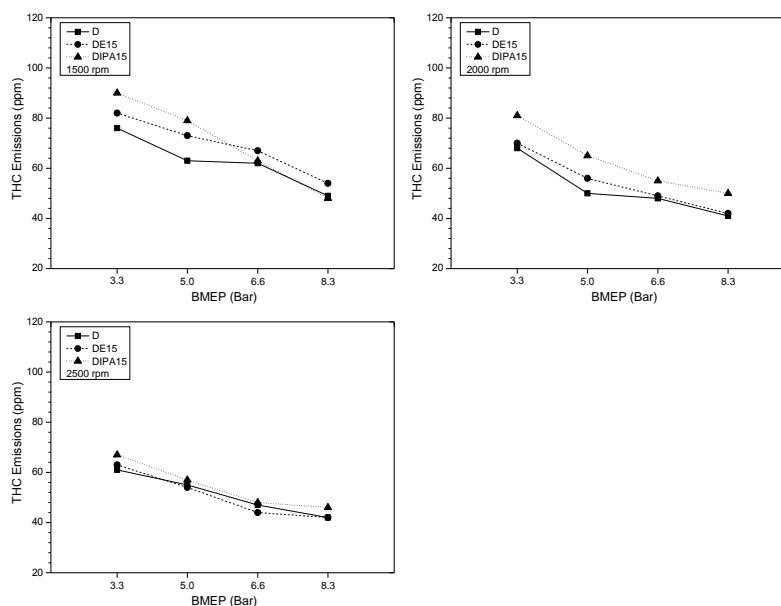
Fig. 2 shows the variations of BSFC with respect the engine load and speed for all test fuels. BSFC values decreased as the engine load increased and slightly increased with increasing engine speed. Pure diesel fuel had lower BSFC values than those of DE15 and DIPA15 blends. The average increases in BSFC results were about 4% and 3% for 1500 rpm, 3.7% and 2.2% for 2000 rpm and 4.2% and 3.1% for 2500 rpm for DE15 and DIPA15 fuel blends, respectively. BSFC values of DE15 and DIPA15 blends were very close to each other and the average increase was only about 1.2% for DE15 blend compared to DIPA15 blend for all test conditions. The heating content of diesel fuel is considerably higher than those of alcohol fuel and similarly heating content of DIPA15 is slightly higher than that of DE15 fuel blend as seen in Table 1. Lower heating value is one of the main disadvantages of alcohol fuels and it caused higher fuel consumption compared to pure diesel fuel.



**Figure 2. Brake Specific Fuel Consumption (BSFC) Results**

### THC Emissions

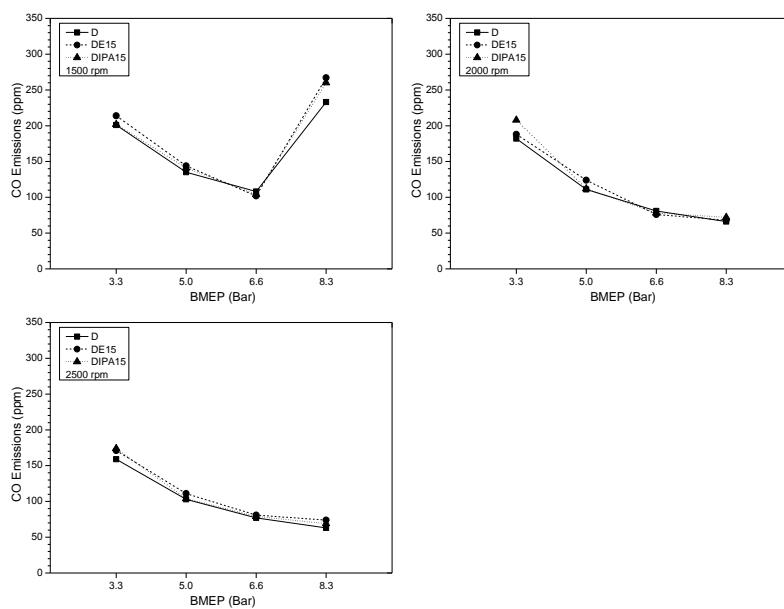
THC emissions results were given in Fig. 3 for all test fuels under different engine speeds and loads. As seen from the figure, an increase in engine load provided decreases in THC emissions. Similarly, THC emissions slightly reduced with increasing engine speed. Ethanol and isopropanol addition to pure diesel fuel caused higher THC emissions. These increases were about 4.7% and 12.8% for DIPA15 and DE15 fuel blends, respectively. When the fuel blends compared to each other, it was seen that DIPA15 fueled diesel engine emitted about %7.9 higher THC emissions than DE15 fuel blend on average. Later SMI and higher mean injection rate values of DIPA15 caused higher THC emissions compared to DE15 fuel blend.



**Figure 3. THC Emissions**

## CO Emissions

Carbon monoxide (CO) emission results were illustrated in Fig. 4. The trend in the CO emissions showed different characteristics with respect to engine load and speed. At 1500 rpm, CO emissions decreased up to 6.6 bar and then increased at the engine load of 8.3 bar. Excess air factor ( $\lambda$ ) values decreased with increasing engine load due to higher fuel consumption compared to air mass flow. So, lower  $\lambda$  values caused an increase in CO emissions at 8.3 bar. On the other hand, CO emissions decreased with increasing engine speed and load for the engine speeds of 2000 and 2500 rpm. Higher cylinder pressures and air mass flow due to increase in load provided lower CO emissions.



**Figure 4. CO Emissions**

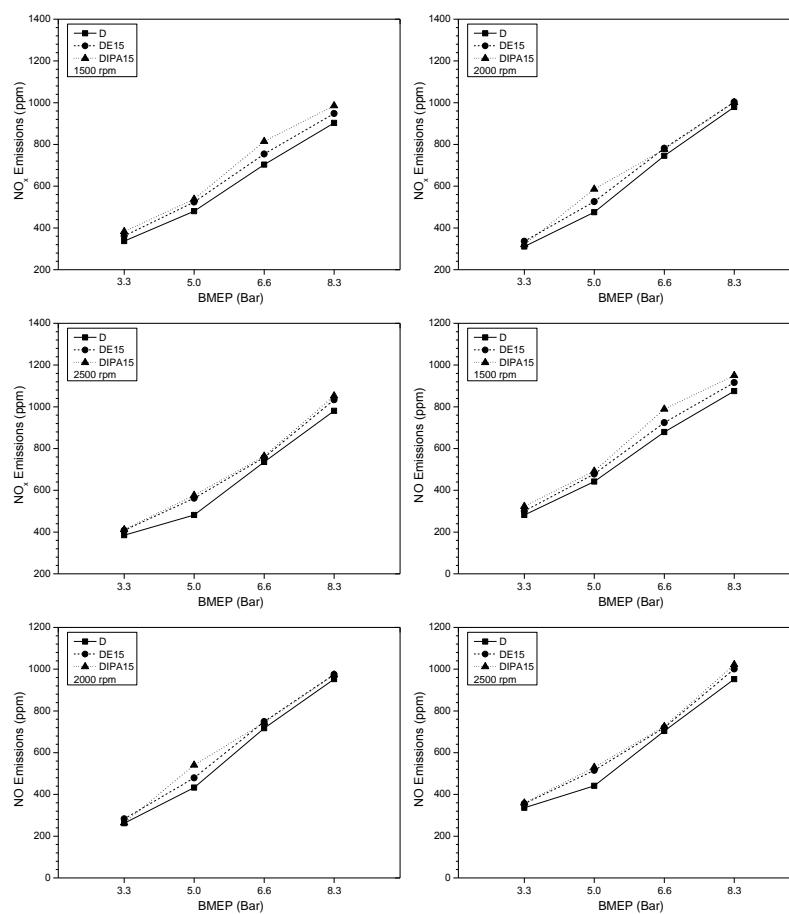
The diesel test engine fueled with pure diesel fuel emitted lower CO emissions compared to alcohol-diesel fuel blends. DE15 and DIPA15 fuel blends produced higher CO emissions about 5.5% and 3.2% for 1500 rpm, 3% and 5.1% for 2000 rpm and 9.5% and 5.6% for 2500 rpm on average, respectively.

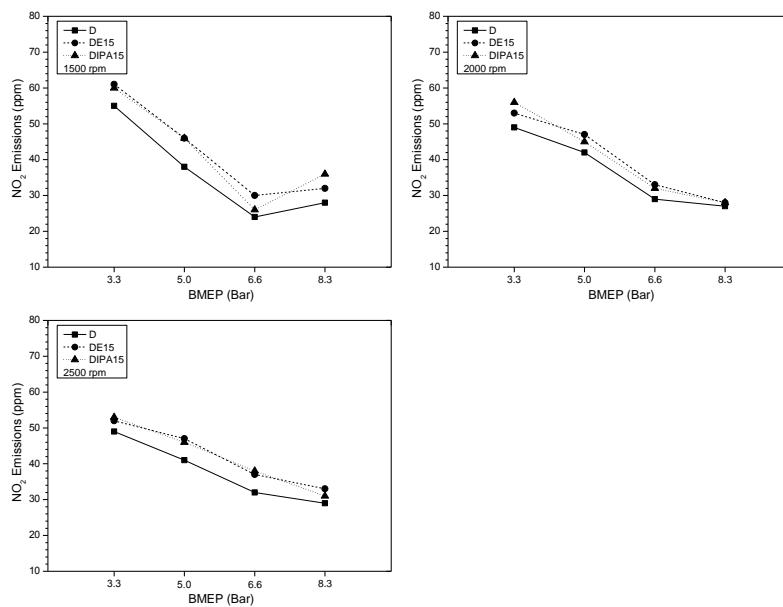
Like THC emissions, CO emissions increased with ethanol and isopropanol addition to diesel fuel due to the higher injection rate, shorter CD values and higher heat of vaporization. Similarly, CO emissions of DIPA15 were only about 1% higher than those of DE15 on average. This means that alcohol blends had close CO emission values to each other and there were not significant changes between DIPA15 and DE15 fuel blends.

## NO<sub>x</sub> Emissions

Fig. 5 shows the NO, NO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> emissions of the test fuels for all test conditions. NO<sub>x</sub> emissions did not significantly change with respect to engine speed. Both NO<sub>x</sub> and NO emissions increased with increasing engine load while NO<sub>2</sub> emissions decreased with increasing engine load. The percent of NO emissions in NO<sub>x</sub> emissions increased from about 84% to 97% with increasing engine load. This means that NO emissions are

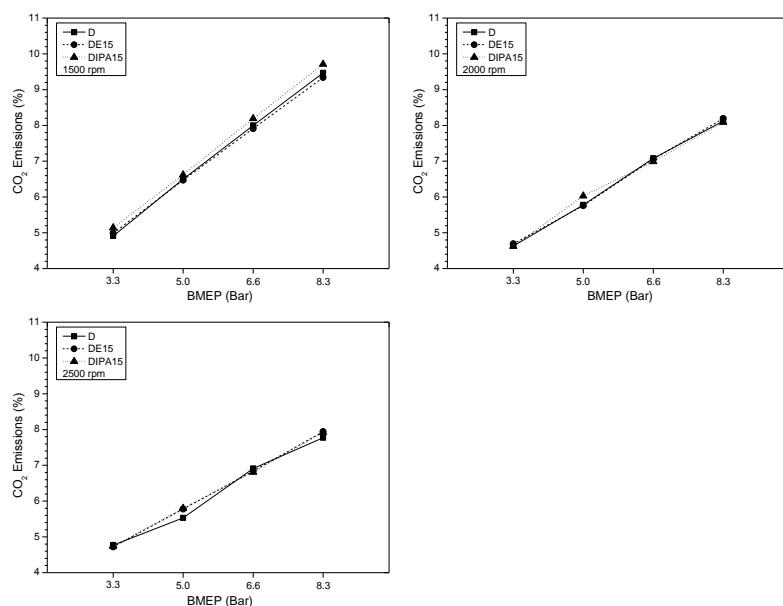
dominant in the  $\text{NO}_x$  emissions especially after the engine load of 6.6 bar. On the other hand, engine speed did not substantially affect NO or  $\text{NO}_2$  ratio in the  $\text{NO}_x$  emissions under the same engine load. DE15 and DIPA15 blends had higher  $\text{NO}_x$  emissions than those of pure diesel fuel. The average increases were about 7.2% and 12.7% for 1500 rpm, 6.5% and 8.2% for 2000 rpm and 7.7% and 9.4% for 2500 rpm for the DE15 and DIPA15 fuel blends, respectively. DIPA15 fuel blend caused slightly higher  $\text{NO}_x$  emissions and the average increase was about 2.7% compared to DE15 fuel blend for all test conditions. Higher MCP values, faster heat release and shorter CD duration may cause higher  $\text{NO}_x$  emissions for alcohol-diesel fuel blends compared to pure diesel fuel. Another important parameter is the oxygen contents of ethanol and isopropanol. This is another parameter which supports  $\text{NO}_x$  formation during the combustion.




**Figure 5. NO, NO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> Emissions**

### CO<sub>2</sub> Emissions

Fig. 6 presents the CO<sub>2</sub> emission results as a function of engine load and engine speed. CO<sub>2</sub> emissions increased with increasing engine load and they decreased with the increase in engine speed. As seen from the figure, CO<sub>2</sub> emissions of all test fuels were close to each other. The average increases in CO<sub>2</sub> emissions were about 0.4% and 1.6% for DE15 and DIPA15 compared to pure diesel fuel, respectively. When the fuel blends compared to each other, it is seen that DIPA15 caused about 1.1% higher CO<sub>2</sub> emissions compared to DE15 fuel blend. These results proved that there were not significant differences in the CO<sub>2</sub> emissions for the test fuels used in this study.


**Figure 6. CO<sub>2</sub> Emissions**



## CONCLUSION

Alcohol fuels such as ethanol and isopropanol can be made from a diverse group of biomass-based feedstocks and they can be used as additives with the diesel fuel in the diesel engines. According to the investigation of performance and emission of ethanol-diesel and isopropanol-diesel fuel blends in a CRDI diesel engine, the following conclusions can be summarized.

- BSFC values increased with the addition of ethanol or isopropanol to the diesel fuel. Maximum increases in BSFC values were about 6.2% and 5.7% for DE15 and DIPA15 blends, respectively. There were not important differences among the BSFC values of DE15 and DIPA15 fuel blends.
- Exhaust features revealed that THC emissions of DE15 and DIPA15 were higher than those of pure diesel fuel. Average increases in THC emissions for DE15 and DIPA15 fuel blends decreased with increasing engine speed.
- DE15 and DIPA15 also caused higher CO emissions with respect to pure diesel fuel. The average increases in the CO emissions were about %6 and %4.6 for DE15 and DIPA15, respectively.
- Alcohol blends did not have significant effects on CO<sub>2</sub> emissions. CO<sub>2</sub> emissions of all test fuels were close to each other for the same engine load and speed.
- The CRDI engine fueled with DE15 and DIPA15 blends produced higher NO<sub>x</sub> emissions and the average increases were about %7.1 and %9.4 for DE15 and DIPA15, respectively.
- All in all, isopropanol as an additive with diesel fuel provided similar results like ethanol. However, isopropanol addition to diesel fuel caused slightly higher exhaust emissions compared to ethanol addition in general. Nevertheless, higher cetane number, heating value and better blend stability push isopropanol to the forefront. Due to the solubility problem of ethanol, DE15 blend should be used with a modification of a stirrer or an emulsifying agent to ensure the blend stability while DIPA15 blend can be used without such a modification or an agent. On the other hand, the test results showed that the map of ECU should be adjusted according to the different fuel types in a diesel engine with the common rail fuel injection system. Thus, ethanol or isopropanol addition to pure diesel fuel may provide better BSFC and exhaust emission results.

## ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank Scientific Research Foundation of Kocaeli University for supporting this study (Project No: 2013/9).

## REFERENCES

- Al-Hassana, M., Mujafeta, H., & Al-Shannag, M. (2012). An experimental study on the solubility of a diesel-ethanol blend and on the performance of a diesel engine fueled with diesel biodiesel - ethanol blends. *Jordan J of Mec. Ind. Eng.*, 6, 147-53.
- Jimenez, E. T., Jerman, M. S., Gregorc, A., Lisec, I., Dorado, M. P., & Kegl, B. (2010). Physical and chemical properties of ethanol-biodiesel blends for diesel engines. *Energ Fuels*, 24, 2002-9.
- Jimenez, E. T., Jerman, M. S., Gregorc, A., Lisec, I., Dorado, M. P., & Kegl, B. (2011). Physical and chemical properties of ethanol-diesel fuel blends, *Fuel*, 90, 795-802.



- Kwanchareon, P., Luengnaruemitchai, A., & Jai-In, S. (2007). Solubility of a diesel-biodiesel-ethanol blend, its fuel properties, and its emission characteristics from diesel engine. *Fuel*, 86, 1053-61.
- Kumar, B. R., Saravanan, S. (2010). Use of higher alcohol biofuels in diesel engines: a review. *Renew Sust Energ Rev*, 60, 84-115.
- Lapuerta, M., Contreras, R. G., Fernandez, J. C., & Dorado, M. P. (2010). Stability, lubricity, viscosity, and cold-flow properties of alcohol-diesel blends. *Energ Fuels*, 24, 4497-502.
- Owen, K., & Coley, T. (1995). Automotive fuels reference book, 2nd ed., Warrendale, USA.



## NUMERICAL MODEL FOR PREDICTING THERMAL DAMAGE DURING LASER-IRRADIATED TISSUE

M.Bellil,

CaSiCCE Laboratory, ENSET-Oran, B.P 1523 M'Naouer-Oran, Algeria,  
[meloukabellil@yahoo.fr](mailto:meloukabellil@yahoo.fr)

M.Bennaoum

LPQ3M Laboratory, University of Mascara, Algeria, [mr\\_bennaoum@yahoo.fr](mailto:mr_bennaoum@yahoo.fr)

**ABSTRACT:** A Transmission Line Matrix (TLM) model is presented for the quantitative prediction of soft tissue injury resulting from laser irradiations. Transient temperatures were estimated by Penne's bioheat equation, and the damage function was calculated using Arrhenius model for protein damage rate. Instantaneous coupling between thermal coagulation and changes in blood perfusion with temperature are carried out in this study. It is shown that perfusion drops sharply during coagulation after a quasi linear dependency with temperature. Increasing perfusion rate ( $\omega$ ) leads to larger values of irradiation time, which reflects the increased sinking created by perfusion. The transient temperature profiles and damage size were measured using a two dimensional discretized network of transmission lines. Results of this numerical simulation are found to be in good agreement with those of other experimental studies.

**Keywords:** TLM, Modelling, Coagulation, Perfusion, Laser.



## A STUDY ON THE IMPROVEMENT OF SOLAR PV PANEL EFFICIENCY AND POWER OUTPUT

**Mehmet Sait SÖYLEMEZ**

University Of Gaziantep, Department Of Mechanical Engineering  
Sait@gantep.edu.tr

Fareed ALTAEE

University Of Baghdad  
Fareedenergy@yahoo.com

**ABSTRACT:** Solar Tracking System is a unit used for many solar energy systems such as for concentrating a solar lens or reflector or orienting a solar panel in the direction of sun. In photovoltaic (PV) systems, trackers enable to reduce the angle of incidence (the angle in which a light ray makes with a line perpendicular on the surface) between the incident sun light and the PV panel, which will be improving the energy generation from PV panel. In this steady, we proposed a dual axis tracking system for PV panel and investigate several factors that should be put in consideration involves: the level of direct solar irradiation, feed-in tariffs in the location in which the system is set up, and also the cost to maintain and install the trackers. The goal of this study is to design two axis trackers in PV panel is to place the solar panels perpendicular towards the sun's rays. This will increase the full power output by keeping the PV panels that tracked the sunlight for the most hours daily by used a low cost component and accurate tracking strategy. For tracking system, a spherical solar cell indicator has been used in order to analyzing electrical energy generation for almost all direction in real time to determine the best position that panel should be directed. It consisted of several solar cell arranged on semi spherical structure. The energy product from each cell will be amyloses by specific program in microcontroller that will determine best direction that PV panel should be aligned and control the solar trackers in order to rotate on horizontal and a vertical axis.

**Key words:** Solar Tracking System, Dual Axis Tracking System, Photovoltaic Panels, PV.

## INTRODUCTION

Renewable energy has become the proper alternative technique to produce energy along with prevent the issues related to climatic change as a result of the emission of greenhouse gases. Solar energy is inexhaustible, practically, free and involves no polluting deposits or emissions of greenhouse gases (Tudorache et al., 2010).

The transformation theory of solar light to electricity, known as Photo-Voltaic or PV transformation. The PV technique is not very new, however the improvement of power production efficiency of the PV equipment is yet one of main focus for several academic and/or industrial study groups around the world. The power generation ability of PV panel follows the sunlight intensity. The positioning of the sun regarding any location of the world variations in a cyclic track throughout a season. Tracking the positioning of the sun to be able to expose a PV panel to optimum radiation at any location and any given time is the goal of an automated solar tracking system (Sharma, Pet al, 2014).



Solar tackers are the devices which orient the solar panels continually depending on the changing of the sun position and to make sure that at any possible time the positioning of the PV panel is perpendicular towards the sun in order to enhance efficiency. Many tacking system models are readily available that have 1 or 2 axes of freedom. This involves both active and passive systems. A single axis tackers will be classified as: tilted single axis tacker (TSAT), vertical single axis tacker (VSAT); horizontal single axis tacker (HSAT); and polar aligned single axis tacker (PASAT). The HSAT can be utilized in tropical regions in which the days are relatively short and sun becomes highly at moon time. VSAT can be used at places in which the summer days are lengthy and sun doesn't get highly. The using of one axis tracker provides a good power gain to the system. For more power gain it should be using the dual-axis tacking system. The dual axis solar tackers contain both vertical and horizontal axis and therefore they are able to tack sun's motion intended for placing the PV panel perpendicular towards the sun's ray. The dual axis-Passive tackers operate using the concept of materials thermal expansion. A form of memory alloy shape; usually; chloro fluorocarbon is utilized. As the PV panel is perpendicular to the sun; both sides have reached equilibrium. Sun's motion will cause one side being heated while the other side to contact; as a result the solar panel will be rotate. Nevertheless these systems according to (Mousazadeh et al, 2009) aren't favorite commercially (Kauri et al, 2016). The main objective for this purposed research model is to design a dual axis solar tracking system based on real time power cell production analysis that can calculate real cell production from different angel in real time to move panel to the best angle having maximum production. This research work also to makes to design tracker system with relatively lower cost by used low cost component in design.

## SOLAR TRACKING AND PV PANEL EFFICIENCY

The sun moves over 360 degrees east-west every day, however, the visible portion of sun in any location in any day 180 degrees within a 1 day period. Furthermore, the effects of local horizon will decrease this relatively, making the effective motion around 150 degrees (Sharma, P. et al, 2014). Physically, a PV panel is composed of a flat surface that have a numerous p-n junctions arranged on it, which connected with each other via electronically conducting strips. The PV panel makes sure the transformation of light radiation to electrical energy which is characterized that the output power is highly dependence on the incident light radiation (Kassem et al, 2011).. There is many solutions for increasing the PV conversion efficiency such as: new solar cell materials and technologies, optimization of solar cell geometry and configuration, solar tracking, etc. As technologies have developed, the efficiency of the PV panel's conversion has risen gradually, however it doesn't exceed 13% for the typical ones (Tudorache et al., 2010). The PV shows a highly nonlinear IV (voltage/current) characteristic and the output power is also nonlinearly dependent upon the insolation of surface. With regards to solar light transformation into electricity, because of the continuing changes in the sun positions, the radiation that incident on the fixed PV panel is consistently changing, achieving an optimum point once the solar radiation direction is perpendicular on the panel surface. A PV in a fixed orientation in between the sunset extremes and dawn will see movement of 75 degrees on each side, and so, based on the table 1, will lose about 75% of the energy in the evening and the morning.

*Table 1. DIRECT POWER losses (%) Caused by MISALIGNMENT (ANGLE) (Sharma, P. et al, 2014)*



Misalign (angle i)	Direct power lost (0/;= I-co)
0	0
1	.015
3	.14
8	I
23.4	8.3
30	13.4
45	30
60	>50

The significant issue is to increase the capture of the sun rays over the PV panel that will often increases the electricity output. In this context, in order to increasing the energy-efficiency of the PV panel, it's important to have it geared up with a solar tracking system. An efficient strategy for achieving this is to placing the panels in a way that the sun rays fall perpendicularly over the PV panels through the process of tracking the sun movement. This can be carried out through utilizing a PV panel mount that tracks the sun movement during the day. The PV panel motivated using a solar tracker is ensure to keep it within best achievable insolation for all Sun positions, since the light falls near the geometrical normal incidence angle. Automated solar tracking systems (that used 1 intensity sensing) could enhance the conversion efficiency consistently f a PV panel, therefore using this method deriving a lot more solar energy. A tracker that rotate in the east-west direction is called a single-axis tracker. Furthermore, the sun are also moving 46 degrees north-south during the period of a year. A similar group of panels set in the midpoint between both local extremes will therefore see the sun move 23 degrees on each side, leading to losses of 8.3%. A tracker that enhances each seasonal daily motions is called a dual axis tracker (Barsoum N. (2011)).

## DESIGN OF THE PROPOSED SOLAR TRACKING SYSTEM

### System requirements

As mention by (Tudorache et al., 2010), the proposed solar tracking system need to meet specific technical requirements specialized for the researched application, which is in follows:

Minimal energy consumption: For maximum the global performance of the installation in addition to maximum the performance-cost ratio;  
Reliability in functioning, during various perturbation conditions (rain, dust, wind, critical temperature variances);  
Simplicity of motion system (sensors, gears and motor), to decrease the cost and to enhance the viability;  
The system integration possibility to control and monitoring centralized structure that means a digital control solution.

Considering these implicitly essential technical needs, the chosen strategy to drive the PV panel is dependent on the following factors:

current monitoring, voltage mode driven, and DC electric motor without speed or position sensors.



The control system of motor with intelligent drive type, fully digital, which allows the digital control implementation of the motor;

A light intensity measurement system that placed on the PV panel, representing the sensor that driven the PV panel motion.

### System Structure

The proposed is consisted from two main parts: power production analyzer and the tracker.

#### **Power Production Analyzer:**

This part is responsible on analyzing the power production of solar cell from different direction to determine the best angle that solar panel should be redirect in order to getting the maximum power generation. The power analyzer is detected part consist of following component:

Microcontroller: is utilized to store and got the sun position angles through utilized an algorithm for calculation the solar angles in order to evaluating power generation from light sensors or solar cell, and after that control the two servo motors through producing the PWM signals equivalent to the required angle. In this work we used Arduino Uno that is the most common microcontrollers. It is usually open source, low-cost and functions well. Arduino Uno has 12 digital pins, and can handle a large range of sensors, motors and actuators; that is what we need in our design.

Light Intensity Sensor: this kind of sensors utilized to detect changes in light intensity. One of this types is Light Dependent Resistor (LDR) which is a variable resistor where its value decrease with raising incident light intensity. The LDR is manufactured from a higher resistance semiconductor, usually cadmium-sulphide. In this work, Twelve LDR photo sensors has been used for sensing the sun light, which have been mounted on the spherical surface as shown in figure 1.

Algorithm for solar angles calculation: A solar tracking system needs to analyze the light intensity (or power production) from the light sensor to verify the best tracking location should panel directed.

The photo sensor can sense lights and gives signal to the microcontroller. The microcontroller process the input and start calculation and then driving tracker motors to appropriate angle. In the proposed power analyzer system design, a 12 LDR has been arranged in 4 x 3 matrix that mounted in upper- half of sphere that would be placed to facing sun moving direction. This matrix will provides real time calculation for 12 position that give more tracking position rather than common 4 light sensors that would give more efficiency and also give a nearest result to high accuracy expensive technique that required GPS and sun location information. The reason of used just 12 sensors, is because we used a microcontroller type Arduino UNO that have only 12 digital input and can increasing it by use another controllers such as Arduino mega, etc. that has more digital input.



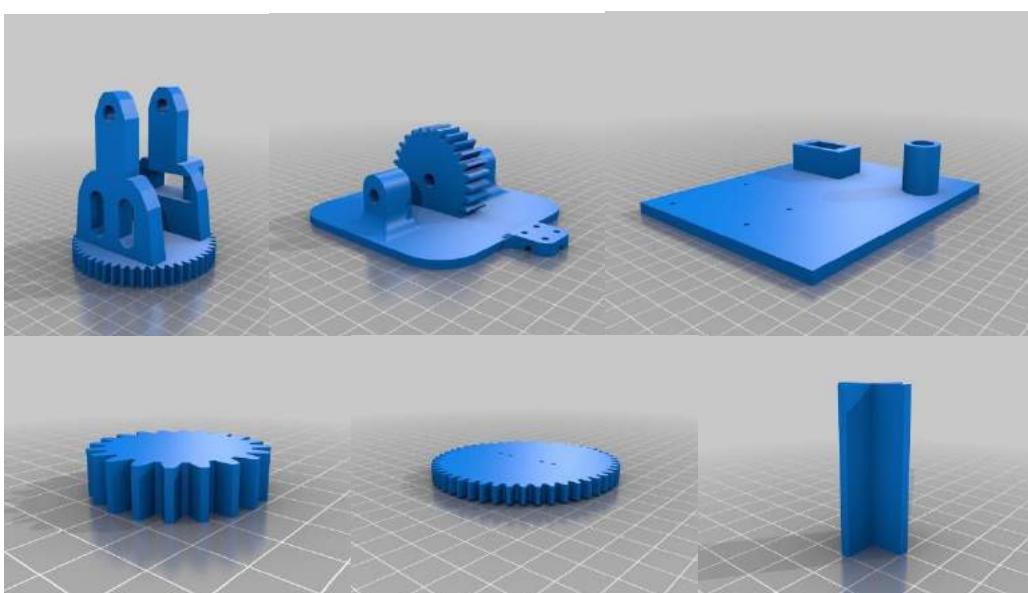
**Figure 1. Power Production Analyzer unit**

**Tracker:**

This part is responsible on PV panel movement, which is includes the following:

**Electronic design:** The electrical component of the solar tracker includes the microcontroller and motors. Motor drive is one of the very important elements of the automatic solar tracker. It moves the solar panel toward the sunlight direction when the sun moves over the sky. To efficiently utilize a DC motor for specific placing a servo mechanism must be used. A servo mechanism or servo is an automated device which utilizes error sensing feedback to adjust the mechanism performance. [7] They're controlled making use of PWM.

**Mechanical design:** The mechanized model employs rotate and tilt tracking technique in dual axis mode. The structure has been designed by CAD. This design is focused on design combat structure with smooth movement and rigid design. The structure has been designed as multi parts that fabricated by CNC machine and then recombined to one structure. The tracker parts are shown in figure 2.



**Figure 2. Tracker part designed by CAD software**

In this work we fabricate a prototype which is mini model that used for test tracker system before fabrication the real size structure that can hold a heavy PV panel. Figure 3 shows the Tracker full design.



**Figure 3. A prototype of Solar Tracker**

## EXPERIMENTAL RESULTS

We have test the tracking system in order to investigate the accuracy of system to tracking best angle that will producing maximum power. In the experiment a light source has been spotted on power analyzer from different direction. The results shows that the tracker moved fast and efficient to redirect the panel base when the light spot be at maximum on the LDR that faced to it. Figure 4 shows the tracking process with location.



**Figure 4. Solar trucking system on work for different positions. The solar panel tracked the smartphone light that falls on power analyzer**

## CONCLUSION

A dual-axis automated solar tracking system beside the controlling and monitoring system has been proposed and implemented in this paper. The tracker has been designed to be efficient, low-cost and reliable. From the experimental result, the solar tracking system can track the light source movement efficiently, this related to the efficient monitoring and control system that developed to pre-calculate the maximum production angle of the light where directed PV panel toward it.

## REFERENCES

- Barsoum N. (2011). Fabrication of Dual-Axis Solar Tracking Controller Project. *Intelligent Control and Automation*, 2, doi:10.4236/ica.2011.22007, 57-68.
- Kassem, A. and Hamad, M. (2011). A Microcontroller-Based Multi-Function Solar Tracking System. IEEE 978-1-4244-9493-4/11/.
- Kauri, T; Mahajan, S.; Verma, S.; Priyanka and Jaimala G. (2016). Arduino based Low Cost Active Dual Axis Solar Tracker. 1st IEEE International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems (ICPEICES-2016), 1-5.



- Mousazadeh, H.; Kehyani, A.; Javadi, A.; Mobli, H.; Abrinia, K. and Sharif, A. (2009). A Review of Principle and Sun Tracking Methods for Maximizing Solar System's Output. *Renewable and Sustainable Energ Reviews*.
- Sharma, P. and Malhotri N. (2014). Solar Tracking System using Microcontroller. IEEE, Proceedings of 2014 1st International Conference on Non-Conventional Energy (ICONCE 2014), 77-79.
- Tudorache, T.; Kreindler, L. (2010). Design of a Solar Tracker System for PV Power. *Acta Polytechnica Hungarica*, Vol. 7, No. 1, 23-39.
- Zhan, T.S.; Lin, W.M.; Tsai, M.H.; Wang, G.S. (2013). Design and Implementation of the Dual-axis Solar Tracking System. IEEE 37th Annual Computer Software and Applications Conference, 276-277.



## ANTIOXIDANT RESPONSE IN *GAMMARUS PULEX* AFTER EXPOSURE TO SECONDARY EFFLUENT FROM MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT PLANT, TUNCELI, TURKEY

Nuran CIKCIKOGLU YILDIRIM

<sup>1</sup>Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Munzur University,  
62000 Tunceli, Turkey, nurancyildirim@gmail.com

Sule Yuksel TATAR

<sup>1</sup>Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Munzur University,  
62000, Tunceli, Turkey, sule2378@gmail.com

Osman SERDAR

<sup>2</sup>Munzur University, Fisheries Faculty, TR62000, Tunceli, Turkey, omserdar@gmail.com

Numan YILDIRIM

<sup>1</sup>Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Munzur University,  
62000 Tunceli, Turkey, numanyildirim44@gmail.com

Aysenur OGEDEY

<sup>1</sup>Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Munzur University,  
62000 Tunceli, Turkey, aysenur-cumurcu@hotmail.com

**ABSTRACT:** Enzymatic antioxidants play an important role in biological defense against environmental oxidative stress. Oxidative stress parameters are used as non-specific endpoints to assess the effects of single chemicals and complex mixtures of aquatic environmental contaminants. Individuals of *G. pulex* were collected with handnets in Munzur River from Tunceli, Turkey (39.156820 N, 39.499640 E). Two experimental groups were designed as: Reference water (RW) (Munzur river), Secondary Effluent Exposure Group (SE). The experiments included the investigation of the exposure of two groups of *G. pulex* (n: 10 for each group) for 24 and 96 hours towards wastewater samples. SOD, CAT and GPX activity were assayed by using ELISA kit. An increase was found in SOD activity after 24 h compared to control ( $p<0.05$ ) but SOD activity was decreased after 96 h ( $p<0.05$ ). CAT activities were in SE group were found lower than the control in *G. pulex* during 24 and 96 h ( $p<0.05$ ). GSH-PX activities increased in *G. pulex* exposed to the effluent compared to the control during 24 h ( $p<0.05$ ) and 96 h ( $p>0.05$ ). Our results suggest that wastewater caused a significant oxidative stress by disregulation in the antioxidant system. Different toxicants may induce different antioxidant / prooxidant responses depending on their ability to produce ROS and antioxidant enzymes to detoxify them.

**Keywords:** Antioxidant Enzymes, *G. pulex*, Secondary Effluent



## GLUTATHIONE AND MALONDIALDEHYDE LEVELS IN *GAMMARUS PULEX* AFTER EXPOSURE TO SECONDARY EFFLUENT FROM TUNCELI MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT PLANT

Şule Yüksel TATAR

Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Tunceli,  
sule2378@gmail.com

Nuran CIKCIKOGLU YILDIRIM

Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Tunceli,  
nurancyildirim@gmail.com

Osman SERDAR

Munzur Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, Tunceli,  
osmserdar@gmail.com

Numan YILDIRIM

Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Tunceli,  
numanyildirim44@gmail.com

Ayşenur ÖĞEDEY

Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Tunceli,  
aysenur-cumurcu@hotmail.com

**ABSTRACT:** Treated municipal effluents (TME) are the major sources of aquatic ecosystem pollution. TME contains a variety of synthetic or natural chemical compounds. Due to the presence of a variety of chemicals compounds, the toxic effect on aquatic organisms may occur at low concentration. Exposure to TME is known to cause a variety of stress-related changes in aquatic organism. The objectives of this research are the assessment of secondary effluents quality by using chemical parameters and biomarkers. For this purpose, MDA (malondialdehyde) and GSH (glutathione) levels were determined by spectrophotometrically. The level of MDA in *G. pulex* varies depending on the exposure time. It has been found that the amount of the MDA in *G. pulex* exposed to the effluent are decreased compared to RW 24<sup>th</sup> h ( $p<0.05$ ) but MDA levels were increased during 96<sup>th</sup> h ( $p>0.05$ ). GSH levels increased in *G. pulex* exposed to the effluent compared to the control during 24<sup>th</sup> h ( $p < 0.05$ ) and 96<sup>th</sup> h ( $p>0.05$ ) but the increase in GSH levels were statistically unsignificant ( $p>0.05$ ). Current experimental results suggest that GSH and MDA levels in *G. pulex* are sensitive and suitable responses for assessing the effects of anthropogenic contaminants on the aquatic ecosystems, particularly effluent complex mixtures.

**Key words:** MDA, GSH, Wastewater, *G. pulex*.



## TUNCELI ATIKSU ARITMA TESİSİ ÇIKIŞ SUYUNA MARUZ BIRAKILAN *GAMMARUS PULEX'DE GLUTATYON AND MALONDIALDEHİT* SEVIYELERİ

Evsel atıksu arıtma tesisi çıkış suları, sucul ekosistem kirliliğinin temel kaynaklarıdır. Çıkış suyu çok sayıda sentetik ve doğal kimyasal bileşenler içermektedir. Çeşitli kimyasal bileşenlerin bulunmasından dolayı düşük konsantrasyonlarda bile sucul organizmalara toksik etki yapabilmektedir. Çıkış suyuna maruz kalmanın akuatik organizmalarda çeşitli stresle ilişkili değişikliklere neden olduğu bilinmektedir. Bu çalışmanın amacı kimyasal parametreleri ve biyomarkırları kullanarak çıkış suyu kalitesini değerlendirmektir. Bu amaçla MDA (Malondialdehit) ve GSH (Glutatyon) seviyeleri spektrofotometrik olarak belirlenmiştir. MDA seviyesi *G. pulex*'de zamana bağlı olarak değişmektedir. Çıkış suyuna maruz kalan *G. pulex*'deki MDA miktarlarının referans su ile karşılaştırıldığında 24. saatte azaldığı ( $p<0.05$ ) ancak 96. saatte arttığı bulunmuştur ( $p>0.05$ ). Çıkış suyuna maruz kalan *G. pulex*'deki GSH seviyelerinin kontrol ile karşılaştırıldığında 24 ( $p<0.05$ ) ve 96. ( $p>0.05$ ) saatlerde artmıştır, ancak GSH seviyelerindeki bu artış istatistiksel olarak önemsizdir ( $p>0.05$ ). Mevcut deneysel sonuçlar, *G. pulex*'teki GSH ve MDA düzeylerinin, antropojenik kontaminantların sudaki ekosistemler üzerindeki etkilerini, özellikle kompleks atık karışımalarını değerlendirmek için hassas ve uygun tepkileri verdiğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** MDA, GSH, Atıksı artıtım tesisi, *G. pulex*



## INDUSTRIAL WATER TREATMENT REVERSE OSMOSIS AUTOMATION

Yunus Emre KARA

Kahramanmaraş Sutcu Imam University Electrical and Electronics Engineering

[y.e.kara@oknal.com.tr](mailto:y.e.kara@oknal.com.tr)

[y.e.kara@hotmail.com](mailto:y.e.kara@hotmail.com)

Ahmet GANI

Kahramanmaraş Sutcu Imam University Electrical and Electronics Engineering

[ahmetgani8733@gmail.com](mailto:ahmetgani8733@gmail.com)

Ö. Fatih KEÇECİOĞLU

Kahramanmaraş Sutcu Imam University Electrical and Electronics Engineering

[o.fatihkececioglu@gmail.com](mailto:o.fatihkececioglu@gmail.com)

Mustafa TEKİN

Kahramanmaraş Sutcu Imam University Electrical and Electronics Engineering

[mustafa\\_tekin40@hotmail.com](mailto:mustafa_tekin40@hotmail.com)

Mustafa ŞEKKELİ

Kahramanmaraş Sutcu Imam University Electrical and Electronics Engineering

[msekkeli@ksu.edu.tr](mailto:msekkeli@ksu.edu.tr)

**ABSTRACT:** The movement of water from soils into plant roots is an example of Osmosis at work in Nature. When a semi-permeable membrane like a living cell wall, separates, two solutions having different solids concentrations, the pure water will flow from the least concentrated solution through the membrane and into the solution containing the higher solids concentration. RO is the reverse of naturally occurring Osmosis. By applying artificial pressure (Osmotic Pressure) to the water solution of Higher Solids Concentration, the flow of liquid is reversed. Up to %99 per cent of the impurities, bacteria's and viruses from the incoming water could be removed and taken to drains. Feed water treatment for Steam Boilers, Pharmaceutical, Food and Beverage, bottled water productions are some of the applications in the Industry. Hemodialysis treatment and laboratories are also some application examples in the medical sectors.

**Key words:** Reverse Osmosis, Bottled Water, Mineral,

## ENDÜSTRİYEL SU ARITMA REVERSE OZMOS OTOMASYON İYİLEŞTİRME PROJESİ

**ÖZET:** OZMOZ olayı doğada canlılar ve bitkiler üzerinde meydana gelen, su ile ilgili doğal bir olaydır. TERS OZMOZ ise, bir Membran Teknolojisi olup, Osmotik Basınç kullanılarak, mineralce zengin olan suyun, yarı geçirgen bir membranın diğer tarafına mineralleri azaltılmış olarak geçirilmesi işlemidir. Suyun içerisinde bulunan birçok mineral, bakteri ve virüsler %99 saflığa kadar bu yöntem ile süzülebilmektedir. Ters Ozmosun başlıca kullanım yerleri arasında, Buhar Kazanları Besi suyu hazırlanması,



Kaplamacılık, Eczacılık, Gıda ve Meşrubat Sanayi, İçme suyu Üretimi, Tıp' da Hemodiyaliz Tedavisi Laboratuvarlar, son yıllarda atık suların geri kazanılmasında arsenik giderimin de gündeme gelmiştir.

**Anahtar sözcükler:** Ters Ozmos, İçme Suyu, Mineral

## GİRİŞ

RO, diğer teknolojilerle karşılaşıldığında, nispeten basittir ve bir membran teknolojisidir. Normal Ozmos, doğada, aralarında yarı geçirgen, sadece suyun geçmesine müsaade eden, diğer maddeleri geçirmeyen bir membran bulunan farklı konsantrasyondaki iki sıvıdan, birinden diğerine su geçimiyle meydana gelir ve bu işlem iki tarafta denge sağlanana kadar devam eder. Osmotik Basınç, membranın iki tarafında bulunan sıvılarda hacim değişikliği olduğundan meydana gelen statik yükseklik farkı ile meydana gelir.

Ters Ozmos'da, konsantrasyonu fazla olan sıvı tarafından bir basınç (Osmotik basınç' dan daha büyük) uygulanarak, sağlanacak ters akışla, yoğunluğu fazla olan sıvı içerisinde bulunan mineraller, tuzlar ve organik maddeler, membran bir tarafında bırakılarak diğer tarafa, yoğunluğu daha az, tuzlar ve minerallerden arındırılmış bir sıvı olarak geçirilir.

Pratikte, basilan suyun, sadece belli bir yüzdesinin bu membrandan geçmesine müsaade edilir. İçinde mineraller, tuzlar ve organik maddelerin birliği yoğunluğu çok daha fazla olan konsantrasyon ise gidere verilir. "Konsantrasyon Polarizasyonu" olarak bilinen polarize olmuş moleküllerin kısa bir zaman aralığında membran üzerinde birikerek daha fazla akışa geçiş vermemesi gibi sorunların önüne geçilmesi için membranların periyodik olarak basınç altında yıkanabilecek bir düzene sahip olmaları gereklidir.

Günümüzde Ters Ozmos (RO) sistemleri otomasyon teknolojileriyle kontrol edilmekte, ve bu sistemler lokal veya uzaktan izlenebilmektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte ters ozmos sistemlerinin de kontrol çeşitliliği artmıştır. Kontrol sistemlerinin gelişmesine paralel olarak üretim kalitesi, RO sistemlerinin verimliliği, enerji tasarrufu, kullanılan ekipmanların ömrü gibi konulara ek olarak sistemin kontrol edilebilirliği ve izlenebilirliği de artmıştır.

Ters Ozmos sistemleri, tasarım değerleri sonucunda kimyasal, mekanik, elektrik ve otomasyon sisteminde kullanılması gereken yapıyı belirler. Dizayn değerlerindeki parametrelere göre( akış, basınç, seviye, giriş sayısı, çıkış sayısı, ekran, sesli uyarı, vb.) kullanılması gereken otomasyon sistemi belirlenir.

Ters Ozmos sistemleri dizayn edilirken maliyet, verimlilik, süreklilik, kullanım kolaylığı, arıza takibi gibi diğer parametrelere de dikkat edilmesi gereklidir. Yapılmakta olan bu projede otomasyon sistemine ilaveler yapılarak maliyet azaltılmaya çalışılmıştır. (Erol YAŞA , 2010)

## MEMBRANLAR

Polimer kimya ürünü olan yarı geçirgen membranlar farklı filtrasyon inceliğinde imal edilirler. Bunlar sırası ile Mikro Filtrasyon (MF), Ultra Filtrasyon (UF), Nano Filtrasyon (NF) ve Reverse(Ters) Osmosis'dır.

## TO (Ters Ozmos) Membranları

TO teknolojisi, Sentetik Membran Teknolojisinin özel bir dalı olarak gelmiş ve çok hızlı gelişme göstermiştir.

İlk yapılan selüloz-asetat membranlar, suya karşı oldukça geçirgen bulundular, daha sonraları çok ince, deri şeklinde bir membran, delikli bir geçirgen olan ve daha kalın polisülfan destek malzeme üzerine kaplanarak, yüksek akış değerleri ve mukavemet elde edilmiştir.

Daha sonraları, ikinci jenerasyon olan, “**İnce Film Komposit**” membranları yapıldı, bunların ısıya mukavemetleri, kimyasal stabiliteleri organik maddeleri tutabilmeleri ilk yapılan Selüloz-Asetat membranlara göre çok daha iyiydi. Plakalı ve sargılı tip (TO) sistemlerde halen bu membranlar kullanılmaktadır. Sıcak iklimlerde tercih edilmektedir. Ancak selüloz asetat membranların aksine, klora karşı dayaniksızdır. (Erol YAŞA , 2010)



**Şekil 1. Membranların Genel Görünümü**

#### **Hallow – Fiber Membranlar – Delikli Fiber Membran**

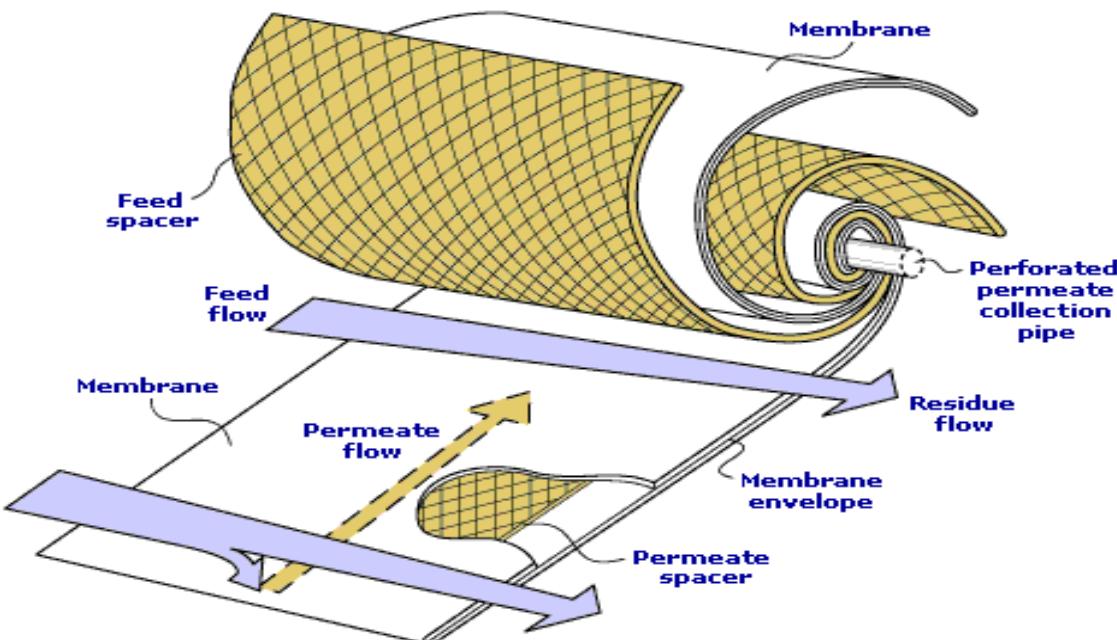
Burada kullanılan membran ince (insan saçı kalınlığında) poliamid ortası delikli fiber malzemedenir. Bu fiberler büyük miktarlarda demet halinde delikli bir borunun içerisinde yerleştirilirler, demetlerin her iki ucu da sızdırmaz hale getirilir. Bir uçtan basınçla verilen su diğer uçtan tatlı su olarak alınır. Salamura haline gelmiş tuzlu su giriş tarafındaki delikten dışarı atılır. Genelde deniz suyu arıtımında kullanılır.



Şekil 2. Hallow-Fiber Membran Görünümü

### Spiral Sargılı Membranlar

Spiral sargılı membranlar genelde, kuyu ve artezyen gibi yer altı sularının arıtılmasında kullanılır. Bu sistemde geçirgen membranlar üst üste sarılarak bir kartuş haline getirilir. Bunlar yine fiberglastan mamul basınçla dayanıklı bir boru içine konurlar. Giriş çıkış ve salamura atış düzenlemeleri "Hallow Fiber" dekine benzer şekilde yapılır.



Şekil 3. Spiral Sargılı Membran Yapısı

### TERS OZMOZ (RO) SİSTEM TASARIMI

Genelde evlerde kullanılan, paket tip RO sistemleri, piyasada tüm elemanları ile hazır olarak satılan muhtelif tipler arasından uygun olanı seçilerek kullanılır. Ancak ticari ve sanayi tip RO sistem tasarımı birçok kriteri beraberinde getirmektedir. Mevcut uygulamalar oldukça fazla ve birbirinden farklıdır. Burada en iyi tasarımın elde edilmesinde, tasarım mühendisinin rolü ve becerisi ön plana çıkmaktadır.

## Tasarım Kriterleri

RO sistem tasarımını etkileyen önemli faktörler aşağıdaki gibidir.

- Giriş Suyu Analizi
- Giriş Suyu Sıcaklığı
- Membran Polimer Secimi
- Sistem Geri Kazanımı
- Uygulanan Basınç
- Membran Ayırma Kapasitesi



**Şekil 4. Ters Ozmos Sistemi Genel Görünüşü**

### Giriş Suyu Analizi

Doğru yapılmış bir su analizi, gerekli on arıtma ve RO prosesi için uygun basıncın hesaplanması açısından çok önemli bilgilerin elde edilmesinde kullanılır. Uygun yapılmış bir on arıtma RO sistemlerinde optimum neticeler elde edilebilmesi için çok önemlidir.

Ancak parametrelerinden olan, kalsiyum, magnezyum, bikarbonat, sülfat ve demir membran kirlenmesine ve verimin düşmesine neden olurlar. Çok yüksek orandaki, toplam çözünmüş mineraller (TDS), yüksek Osmotik basınçla çalışmasına, böylece RO sisteminde verim düşüklüğüne neden olurlar. (Erol YAŞA , 2010)

### Su Sıcaklığı

Su viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişmesi özellikle 77 °F (25 °C)'nin altındaki sıcaklıklarda, arıtılan su miktarı büyük ölçüde azalmaktadır.( Enis BURKUT , 2008)

### Membran Polimer Seçimi

Normal su arıtma işlemlerinde, spiral sargılı, Ters Ozmos membran elemanları olağan secimdir. Buna rağmen tasarımcının diğer polimerlerden seçme oanağı vardır.

Klasik polimer secimi genelde selülozik (selüloz asetat (CA) veya selüloz tri asetat CTA) membranlarla yapılmıştır. Bu polimerlerin en büyük avantajı klorlu sulara dayanıklı olmasıdır. Buna rağmen alkollü sıvılardan ve bazı bakterilerden olumsuz etkilenirler. TFC (İnce Film Komposit) membranları nispeten yeni jenerasyon polimerlerdir. Yapımları daha



önceki bölümde açıkladığımız gibi, polisülfan bir alt kaplamanın üzerine giydirilmiş çok ince (2500 Å) bir film polimerle meydana gelmiştir.

Genelde, TFC membranlar Selülozik membranlara kıyasla yüksek oranda minareli ayırma ve arıtma suyu kapasitesine sahip olurlar. Geniş bir arıtma pH yelpazesine hitap ederler, bakteri etkilerine karşı dayanıklıdır. Bunlara rağmen giriş suyunda bulunan klora karşı dayanıksızdır.

Bu membranlar kullanıldığından giriş suyunda bulunan klorun alınması gereklidir. Halen imal edilmekte olan, spiral sargılı, klora dayanıklı CTA membranları, dezenfeksiyon amaçlı 100 ppm klora kadar kullanılabilmektedir. Ancak, mineral ayırma kapasiteleri, TFC membranlara kıyasla düşüktür. Yüksek sertlikler, ayrıca performansı etkiler. (Erol YAŞA , 2010)

### Sistem Geri Kazanımı

Bu deyim, arıtılan suyun, membran üzerine pompalanan giriş suyu yüzdesi ile tanımlanmasıdır.

Matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$(\%) = (\text{Arıtılmış Su Debisi} \times 100) / (\text{Giriş Suyu Debisi}) \quad (1)$$

Geri kazanım, gider (salamura) akışının bir vana veya orifis kullanarak kısılmasıyla veya pompalama ile ayarlanır. Geri kazanım arttığında, membran yüzeyinde tuz konsantrasyonu artar ve bunların dökülme olasılığı belirir. Ayrıca arıtım suyu kalitesi azalır. Diğer taraftan gidere atılan salamura azalacağından, sistemde ekonomi sağlanır.

Genel olarak, yüksek debide arıtılmış su istendiğinde, geri kazanımın artırılması gereklidir ve su arıtım amaçlı tesislerde % 85'e kadar çıkarılır.( Erol YAŞA , 2010)

### Uygulanan Basınç

Pompa basıncının artırılmasıyla, arıtım suyu debisi doğru orantılı artar. Membranın yüzeye kaldırıldığı gerçek basınç ise şöyle ifade edilir.  $P_d = \text{Pompa Basıncı} - \text{Osmotik Basınç} - \text{Karşı Basınç}$  Yüksek TDS' e sahip giriş sularını, örneğin deniz sularının tuzdan arındırılmasını göz önüne alırsak, pompa basınçlarının 55-70 Bar arasında olması gerekmektedir. Genelde pompa basınçları, TFC membranlar için, kuyu sularında 10-15 bar, Selülozik membranlar için 25 bar civarındadır.

### Membran Ayırma Kapasitesi

Kısa olarak, membranın sudaki mineral ve tuzları ayırma kabiliyetidir. Yüzde olarak gösterilir.

$$\% \text{Ayırma} = (\text{Giriş Suyu TDS} - (\text{Arıtım Suyu TDS} \times 100)) / \text{Giriş Suyu TDS} \quad (2)$$

Membran tarafından ayrılamayan ve arıtılmış su tarafına geçen tuzlar ise aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$\text{Yüzde Pasaj} = 100 - \% \text{ Ayırırm} \quad (3)$$

### SİSTEM MÜHENDİSLİĞİ

Bir TO sistem tasarımı için gerekli üç veri aşağıdaki gibidir.

- Giriş Suyu Kalitesi
- İstenen Arıtılmış Su Kalitesi
- İstenen Su Miktarı

### Giriş Suyu Kalitesi

Sistem tasarımında, emniyetli olması için, giriş suyu analizlerinde en kötü durum göz önüne alınır.



Analizlerin bütün parametreleri içermesi ve sağlıklı ölçümlerle yapılması gereklidir. Ayrıca en uygun giriş suyunun seçimi için eldeki bütün suların analizlerinin yapılması faydalıdır.

Daha önce belirtildiği gibi, membran sistem performansını etkileyen bazı iyonik kirlilikler vardır. Ayrıca her su kaynağı için minimum su sıcaklığının belirlenmesi gereklidir.

TO cihazlarına girişten önce ham suyun durumuna göre gerekli olabilecek işlemler, pH ayarı için asit dozajlama, on filtrasyon, klor ve organik madde giderme, demir / mangan giderme, sertlik giderme, antiskalant dozajlama olarak sayılabilir.

### **İstenen Arıtılmış Su Kalitesi**

Eğer Ülke çapında veya uluslararası bir standart varsa, bu amaçlanan kaliteyi oldukça kolaylaştırır. Aksi takdirde kullanım amaçları belirleyici faktör olacaktır.

Çıkışta degazör kullanarak CO<sub>2</sub> ve O<sub>2</sub> gibi suyun içerisinde bulunan ergimmiş gazların giderilmesi, pH ayarlaması veya (UV) Ultraviyole dezenfeksiyonu gibi işlemler istenebilir.

### **İstenen Su Miktarı**

Kısa ve uzun vadeli su miktarının dikkate alınması önemlidir. Maksimum veya öngörülen kullanım miktarının göz önüne alınması gereklidir. Bu bağlamda, günlük, haftalık, su kullanımı söz konusudur.

Bu çalışmaya ayrıca, TO sistemi' nin minimum arıtım kapasitesi 'de belirlenmelidir. Averaj saatlik ve pik debiler, depo ve dağıtım şebekesini belirler.

TO sistemleri pik debiye göre dizayn edilmezler, 24 saatlik günün, 20 saatlik çalış�이or kabul edilir. Depo kullanıldığında, seviye şalterleri, TO sisteminin mümkün olduğu kadar uzun sürelerde çalışıp durmasını sağlayacak şekilde dizayn edilmelidir. TO pompaları sık sık devreye girip çıkmamalıdır.

### **TERS OZMOS OTOMASYON SİSTEMİ**

Daha önce bahsedildiği gibi Ters Ozmos sistemleri, tasarım değerleri sonucunda kimyasal, mekanik, elektrik ve otomasyon sisteminde kullanılması gereken yapıyı belirler. Dizayn değerlerindeki parametrelere göre( akış, basınç, seviye, giriş sayısı, çıkış sayısı, ekran, sesli uyarı, vb.) kullanılması gereken otomasyon sistemi belirlenir.

Eğer kurulacak olan Ters Ozmos Sistemi Küçük ise maliyet açısından Mikro kontrolör tercih edilir. Büyük ters ozmos sistemlerinde PLC ve SCADA sistemleri tercih edilmektedir.

Bu projede her iki sistemin arasında bir otomasyon sistemi yapılması amaçlanmıştır. Bu yüzden bir kompakt PLC kadar (13 DI giriş – 10 DQ çıkış ) olan ve bir PLC işlemcisi kadar hızlı olan Microchip DsPIC CPU tercih edilmiştir. Prosesi kontrol edecek olan CPU'nun yanında kullanım kolaylığı ve izlenebilirliği artırmak için 64x128 pixel Grafik LCD ekran ve 5x4 Tuş takımı eklenmiştir. Arıza durumlarında uyarı amaçlı Buzzer, Göstergeler ve Grafik LCD üzerinde Arıza sebeplerini gösteren alarm kısımları eklenmiştir.

Son olarak otomasyon sisteme 3 adet Analog Giriş eklenmiştir. Analog girişlerin eklenme sebebi, ters ozmos sisteminin çıkışında suyun iletkenlik pH veya Tank seviyesini ölçmek için eklenmiştir.

Yapılan bu Otomasyon sistemi, ters ozmos sisteminde yapılacak donanım değişiklikleri göz önüne alınarak giriş çıkış sayıları yeterli ölçüde yapılmıştır. Sistemde değişiklik yapıldığı takdirde, Otomasyon sisteminde bağlantılar ve yazılım değiştirilerek kolay bir şekilde uyum sağlaması gerçekleştirilebilir.

Otomasyon Sistemi Genel Özellikleri

13 Adet Dijital Giriş

- 10 Adet Dijital Çıkış
- 3 Adet 4-20mA Analog Giriş
- 3 Adet Gösterge LED'i
- 1 Adet 4x5 Tuş Takımı
- 1 Adet 64x128 Pixel Grafik LCD
- 1 Adet Buzzer
- 1 Adet RTC (Real Time Clock) Gerçek Zaman Saati



*Sekil 5. Otomasyon Sistemi Kartı*

## **TERS OZMOS OTOMASYON SİSTEMİ SONUÇLARI**

### **Kullanılan Ekipmanlar**

On/off kontrollü Antiskalant dozaj

Dozajlanacak Kimyasal(Antiskalant)

Dozaj Pompası ( 0,2L/Saat-4 Bar )

On-Off Kontrollü

Antiskalant Kimyasal Dozaj Tankı

Kimyasal Tank Hacmi ( 100 Litre )

Kimyasal Tank Malzemesi ( Polietilen )

Kartuş Filtre

Miktar ( 1 adet )

Boyut ( 20" )

Hassasiyet ( 5 Mikron )



## Yüksek Basınç Pompası

Kapasite( 0,7 m<sup>3</sup>/saat @ 10 bar )  
Motor Gücü (0,37 - 1,1 kW)  
Malzeme (AISI304 Paslanmaz Çelik)

### Membran

Adet ( 2 Adet )  
Boyut ( 4”\*40” )

### Membran Kılıfı

Adet ( 2 Adet )  
Boyut ( 4” Çaplı )

### Otomasyon Sistemi

13 Adet Dijital Giriş  
10 Adet Dijital Çıkış  
3 Adet 4-20mA Analog Giriş  
3 Adet Göstergе LED'i  
1 Adet 4x5 Tuş Takımı  
1 Adet 64x128 Pixel Grafik LCD  
1 Adet Buzzer  
1 Adet RTC (Real Time Clock) Gerçek Zaman Saati

Tablo 1.Ters Ozmos Giriş Ham Su ve Ters Ozmos Çıkış Su Değerleri

PARAMETRE	BİRİM	HAM SU	RO ÜRÜN SUYU
<b>Fiziksel Parametreler</b>			
<b>Renk</b>	Pt-Co	Berrak	
<b>Koku</b>		Yok	
<b>Bulanıklık</b>	NTU	<1	
<b>Sıcaklık</b>	°C	19	
<b>İletkenlik</b>	μS/cm	500	100
<b>Biyokimyasal Parametreler</b>			
<b>TDS</b>	Mg/L	<350	<50
<b>SDI</b>		<3	
<b>COD</b>	Mg/L	<6	
<b>BOD</b>	Mg/L	<4	
<b>Kalsiyum</b>	Mg/L	<45	
<b>Magnezyum</b>	Mg/L	<60	
<b>Potasium</b>	Mg/L	<5	
<b>Sodyum</b>	Mg/L	<495	
<b>Sülfat</b>	Mg/L	<350	
<b>Nitrat</b>	Mg/L	<10	



<b>Amonyum</b>	Mg/L	Yok	
<b>Klorür</b>	Mg/L	<723	
<b>Bikarbonat</b>	Mg/L	<250	
<b>Demir</b>	Mg/L	Yok	
<b>Mangan</b>	Mg/L	Yok	
<b>Silika</b>	Mg/L	<15	
<b>Bor</b>	Mg/L	Yok	
<b>Baryum</b>	Mg/L	Yok	
<b>Flüorür</b>	Mg/L	Yok	
<b>Alüminyum</b>	Mg/L	Yok	
<b>Serbest Klor</b>	Mg/L	Yok	
<b>Organik Madde</b>	Mg/L	Yok	
<b>Yağ, Gres</b>	Mg/L	Yok	
<b>Hidrojen Sülfür</b>	Mg/L	Yok	
<b>pH</b>	-	7,5	5,8 ± 0,2
<b>Bakteriyolojik Parametreler</b>			
<b>Total Koliform</b>	ctu/mL	Yok	
<b>E. Koli</b>	ctu/mL	Yok	

## SONUÇ

Yapılan çalışma sonucunda Ters Ozmos sistemi hesaplanan dizayn değerleri neticesinde ham suyu istenen değerlerde arıtarak çıkışa vermiştir. Verimliliğin istenen değerlerde olduğu çalışmalar yapılmırken gözlemlenmiştir. Kullanım kolaylığı ve izlenebilir olduğu sistem çalışırken yapılan denemeler ve testler neticesinde gözlemlenmiştir. Maliyet olarak piyasada bulunan benzer otomasyon sistemlerine göre daha ucuz mal edilmiş ve genel olarak dışa bağımlı olduğumuz otomasyon sistemleri yerine bu sistem geliştirilerek ekonomimize destek olacağı öngörlülmüştür. Yerli üretim olarak bu sistemin hem yurt içi hem yurt dışı pazarlarında rekabeti arttırip dünya pazarından da kendi payını alması planlanmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Erol YAŞA: Reverse Osmosis Su Arıtma Sistemleri, *2. Tesisat Mühendisliği Kongresi*  
Erol YAŞA: Hemodiyaliz Arıtma Sistemleri, *3.Tesisat Mühendisliği Kongresi*  
Enis BURKUT: Ters Ozmos İşletmelerinde Yapılan Hatalar, *Su Dünyası (Su ve Çevre Dergisi, Aralık 2008 Sayısı)*



## ENZYMATIC ANTIOXIDANT BIOMARKERS IN *GAMMARUS PULEX* TO ASSESS THE ABILITY OF ELECTROCOAGULATION PROCESS IN LANDFILL LEACHATE TREATMENT

Osman Serdar<sup>a\*</sup>, Nuran Cikcikoglu Yildirim<sup>b</sup>, Sule Yuksel Tatar,<sup>b</sup>  
Numan Yildirim<sup>b</sup>, Aysenur Ogedey<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Fisheries Faculty, Munzur University, TR62000, Tunceli, Turkey

<sup>b</sup>Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Munzur University, 62000 Tunceli, Turkey

**ABSTRACT:** This present study was undertaken to evaluate whether electrocoagulation process is efficient for treatment landfill leachate (LL) or not by using enzymatic antioxidant biomarkers in *Gammarus pulex*. Glutathione peroxidase (GSH-Px), superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) activities in *G. pulex* exposed to untreated, treated, and diluted rates (1/10) and (1/20) in both LL during 24 and 96 h were tested. Physiochemical characteristics of leachate (chemical oxygen demand, electrical conductivity, pH, phosphate, turbidity, NH<sub>3</sub>, Cl<sup>-</sup> and colour) were determined pre and post treatment. The all physiochemical characteristics of LL decreased after treatment process. GSH-Px, CAT activities were increased in untreated groups when compared to control ( $p < 0.05$ ). After treatment by electrocoagulation CAT activities were returned to control values. In conclusion, It has been proved that the abilities of LL to stimulate oxidative stress in *G. pulex*. The results relieved that antioxidant parametres are useful biomarkers for determining the treatment efficiency of the electrocoagulation process.

**Keywords:** *Gammarus pulex*, Antioxidant Enzymes, Landfill Leachate, Electrocoagulation Process



## ENERGY DEMAND FORECAST OF TURKEY BY GRAVITATIONAL SEARCH ALGORITHM

Mehmet GÜÇYETMEZ

Ahi Evran University, Technical Sciences Vocational School, Electric and Energy Department

mehmetgcy@ahievran.edu.tr

Mehmet Fatih TEFEK

Ahi Evran University, Kaman Vocational School, Computer Technologies Department

mftefek@ ahievran.edu.tr

Harun UĞUZ

Selçuk University, Engineering Faculty, Computer Engineering Department

harun\_uguz@selcuk.edu.tr

**ABSTRACT:** Electric energy forecast is an important research area especially for the developing countries. In these countries, due to the rapid change in population, Gross Domestic Product (GDP), total electrical installed power, electric generation and consumption, electric energy forecast related to the indicators is important in terms of planning of the electrical energy investment in the future and energy saving. In this study, primary energy demand forecast of Turkey has been made until 2030 year by Gravitational Search Algorithm (GSA). GSA-linear and GSA-exponential models based on socio-economical and electrical indicators were created. Population and the GDP as socio-economic indicators and total installed power and gross generation as electrical indicators between the years 1980 and 2014 were used. After training the models between the years 1980 and 2010 by the GSA, those were tested by the data between the 2011 and 2014 years. Low, expected and high scenarios were created and then electrical energy demand forecast of Turkey between the years 2015 and 2030 were done. Obtained estimation results were compared to the 2013 Energy Report of World Energy Council Turkish National Committee.

**Key words:** energy demand forecast, Gravitational Search Algorithm, socio-economic indicators, electrical indicators, scenarios

\* This study is supported by Ahi Evran University within the context of TBY.E2.17.009 numbered BAP project

### INTRODUCTION

Since Turkey is a developing country, electricity energy depends on variables such as demand population, gross domestic product, electricity generation, total installed power, electricity consumption and so on. Therefore, electric energy does not show linearity in demand. Energy demands are planned in advance in accordance with the energy policies of the countries. In this case, excessive deviations in energy demand in the future affect the economies of countries seriously. Therefore, it is important to forecast the correct, smooth and consistent demand for electricity in developing countries such as Turkey. The energy demand (MENR, 2014) estimated by the Ministry of Energy and Natural Resources of Turkey (MENR, 2008) changes as shown in Table 1.

**Table 1. Estimation of MENR by Actual Energy Demand**

Years	Actual	MENR Estimation	Deviation	
			MTOE*	%
2008	106,27	111,633	5,363	5,046579
2009	102,92	119,026	16,106	15,64905
2010	105,83	126,274	20,444	19,31777
2011	114,48	133,982	19,502	17,03529
2012	120,09	142,861	22,771	18,96161
2013	120,29	150,89	30,6	25,43852
2014	123,937	160,211	36,274	29,2681

\*(Million tonnes of Oil Equivalent)

Countries have to determine their energy policies towards the future. Thus, the extreme deviations seen in the estimates in Table 1 adversely affect the energy policies and economies that countries have done with each other. So accurate, consistent and reliable estimates are important. Due to this importance, studies on artificial intelligence techniques have been recently carried out in the literature for estimating energy demand in Turkey. (Canyurt, Ceylan, Ozturk, & Hepbasli, 2004; Canyurt, Ozturk, Hepbasli, & Utlu, 2005; Ceylan & Ozturk, 2004; Çunkaş & Taşkiran, 2011; Daş, 2016; Es, Kalender, & Hamzacebi, 2014; Gürbüz, Öztürk, & Pardalos, 2013; M. Kankal, Akpinar, Komurcu, & Ozsahin, 2011; Murat Kankal & Uzlu, 2016; Kiran, Ozceylan, Gunduz, & Paksoy, 2012). In this study, the necessary energy demand estimation was made by Turkey until 2030 with the Gravitational Search Algorithm (Rashedi, Nezamabadi-Pour, & Saryazdi, 2009) developed by Rashedi (2009). For input data, the population, gross domestic product between 1980 and 2014 as socio-economic indicators and total installed power and gross production as electrical indicators for Turkey's energy demand forecast are used. Data between 1980-2010 are used for training purposes and data between 2011 and 2014 are used for testing purposes. By 2030, low, expected and high scenarios based on all indicators were established in order to make forecast of electricity demand. The scenarios are based on statistical ratios based on government policies and electricity indicators. The electricity energy demand estimates in this study are compared with the World Energy Council Turkish National Committee 2013 Energy Report (WEC-TNC, 2014).

### Used Data

Population, gross national product, total installed capacity and gross production data are used to estimate energy demand. This data has been obtained from the statistical institution of Turkey and the Ministry of Energy and Natural Resources (ETKB, 2014, TURKSTAT, 2013). These data are given in Table 2.

**Table 2. Socio-Economic and Electric Indicators Between 1980-2014**

No.	Years	Actual	Population	GDP	Installed	Gross
1	1980	31.97	40.44	90.68	5.12	23.28
2	1981	32.05	45.54	94.64	5.54	24.67
3	1982	34.39	46.69	85.35	6.64	26.55
4	1983	35.7	47.86	81.13	6.94	27.35
5	1984	37.43	49.07	78.82	8.46	30.61



6	1985	39.4	50.31	89.26	9.12	34.22
7	1986	42.47	51.48	100.87	10.12	39.69
8	1987	46.88	52.37	115.10	12.50	44.35
9	1988	47.91	53.27	121.67	14.52	48.05
10	1989	50.71	54.19	142.64	15.81	52.04
11	1990	52.98	55.12	200.55	16.32	57.54
12	1991	54.27	56.06	200.50	17.21	60.25
13	1992	56.68	56.99	210.58	18.72	67.34
14	1993	60.26	57.91	238.38	20.34	73.81
15	1994	59.12	58.84	176.96	20.86	78.32
16	1995	63.68	59.76	225.94	20.95	86.25
17	1996	69.86	60.67	243.41	21.25	94.86
18	1997	73.78	61.58	253.71	21.89	103.30
19	1998	74.71	62.46	270.95	23.35	111.02
20	1999	76.77	63.36	247.54	26.12	116.44
21	2000	80.5	64.27	265.38	27.26	124.92
22	2001	75.4	65.17	196.74	28.33	122.72
23	2002	78.33	66.00	230.49	31.85	129.40
24	2003	83.84	66.80	304.90	35.59	140.58
25	2004	87.82	67.60	390.39	36.82	150.70
26	2005	91.58	68.44	481.50	38.84	161.96
27	2006	99.59	69.30	526.43	40.56	176.30
28	2007	107.63	70.16	648.75	40.84	191.56
29	2008	106.27	71.05	742.09	41.82	198.42
30	2009	102.92	72.04	616.70	44.76	194.81
31	2010	105.83	73.14	731.61	49.52	211.21
32	2011	114.48	74.22	773.98	52.91	229.40
33	2012	120.09	75.18	786.28	57.06	239.50
34	2013	120.29	76.06	823.04	64.01	240.15
35	2014	123.937	76.90	800.11	69.52	251.96

### Gravitational Search Algorithm (GSA)

Based on the Newton's laws, (2009) designed by Rashedi et al., a meta-heuristic physics-based optimization algorithm called Gravitational Search Algorithm (Rashedi et al., 2009). In this algorithm, there are masses in the search space. These masses are defined as agents. According to Newton's law of gravity, larger masses attract small masses around them. In the mass search space, they are attracted to the force that is caused by the mass that is large. The gravitational force between these masses determines the best result in the search space.

Steps of the standard GSA algorithm is following:

Assuming that  $\mathbf{N}$  is a system of masses of the search space, first the positions of the masses are randomly determined. The position of the  $i$ th object is presented in Eq. (1):

$$\mathbf{x}_i = (x_i^1, \dots, x_i^d, \dots, x_i^N) \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, N, \quad (1)$$

where  $x_i^d$  presents the position of  $i$ th agent in the  $d$ th dimension.

At a specific time "t", the force which acts on the  $i$ th mass due to  $j$ th mass defined in Eq. (2):

$$F_{ij}^d(t) = G(t) \frac{M_{pi}(t) M_{aj}(t)}{R_{ij}(t) + \varepsilon} (x_j^d(t) - x_i^d(t)), \quad (2)$$

where  $M_{aj}$  is agent  $j$ 's the active gravitational mass,  $M_{pi}$  is agent  $i$ 's passive gravitational mass,  $\varepsilon$  is a minuscule constant defined by the user,  $x_j^d(t)$  and  $x_i^d(t)$  are the positions of  $i$  and  $j$  agents in the  $d$ th dimension at a specific time "t",  $R_{ij}(t)$  is the Euclidian distance between two agents  $i$  and  $j$  at the generation  $t$ ,  $G(t)$  is gravitational constant at any time  $t$  is given in Eq.(3):



$$G(t) = G_0 \exp(-\alpha \frac{t}{T}) \quad (3)$$

where  $G_0$  is the initial value of the gravitational constant chosen randomly,  $\alpha$  is a constant and  $T$  is the total iteration number. Total force of agent  $i$  in the  $d$ th dimension is calculated as in Eq. 4:

$$F_i^d(t) = \sum_{j=1, j \neq i}^N rand_j F_{ij}^d(t), \quad (4)$$

where,  $rand_j$  is a number varied between [0,1]. Hence, the acceleration of the agent  $i$ , is given in Eq. 50:

$$a_i^d(t) = \frac{F_i^d(t)}{M_{ii}(t)}, \quad (5)$$

where  $M_{ii}$  is the inertial mass of  $i$ th agent. Updated velocity and position are calculated as in Eqs. (6) and (7).

$$v_i^d(t+1) = rand_i v_i^d(t) + a_i^d(t), \quad (6)$$

$$x_i^d(t+1) = x_i^d(t) + v_i^d(t+1), \quad (7)$$

After finding the largest  $X_i$  agent in mass, take it as a result and finish the work.

### Applications of Energy Estimation with GSA

GSA-linear ( $GSA_L$ ) and GSA-exponential ( $GSA_E$ ) models based on socio-economic and electrical indicators were developed for energy estimation. Eq. (8) are linear and Eq. (9) are formulas of exponential models.

$$GSA_L = w_1 \cdot X_1 + w_2 \cdot X_2 + w_3 \cdot X_3 + w_4 \cdot X_4 + w_0 \quad (8)$$

$$GSA_E = w_1 \cdot X_1^{w_2} + w_3 \cdot X_2^{w_4} + w_5 \cdot X_3^{w_6} + w_7 \cdot X_4^{w_8} + w_0 \quad (9)$$

$w_i$  ( $i \in [0,4]$ ) in Eq. (8) and  $w_i$  ( $i \in [0,8]$ ) in Eq. (9) are the weight values calculated by the GSA. These weight values are unconstrained ( $-\infty \leq w_i \leq +\infty$ ).  $X_1, X_2, X_3$  and  $X_4$  are the population, GDP, installed power and gross production values, respectively.

The aim in this study is to minimize the root mean square error (RMSE) value given in Eq. (10) as the objective function. For this, the data between 1980 and 2010 were trained for min RMSE and then tested between 2011 and 2014. Therefore, 90% of all data is taken as training and 10% is taken as a test.

$$\min RMSE = \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_o - y_p)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

1000 iterations, 30 times independent operation with 50 masses (agents) were executed for GSA energy estimation. As a result of these studies the lowest RMSE value was taken as a result. The min RMSE values calculated are given in Table 3.  $w_i$  weights according to min RMSE are calculated as follows.

$$w_{GSA_L} = w_1, w_2, w_3, w_4, w_0$$

$$w_{GSA_L} = 0.6145272, -0.0016024, -0.203855636, 0.3642453, -0.17279266$$

$$w_{GSA_E} = w_1, w_2, \dots, w_8, w_0$$

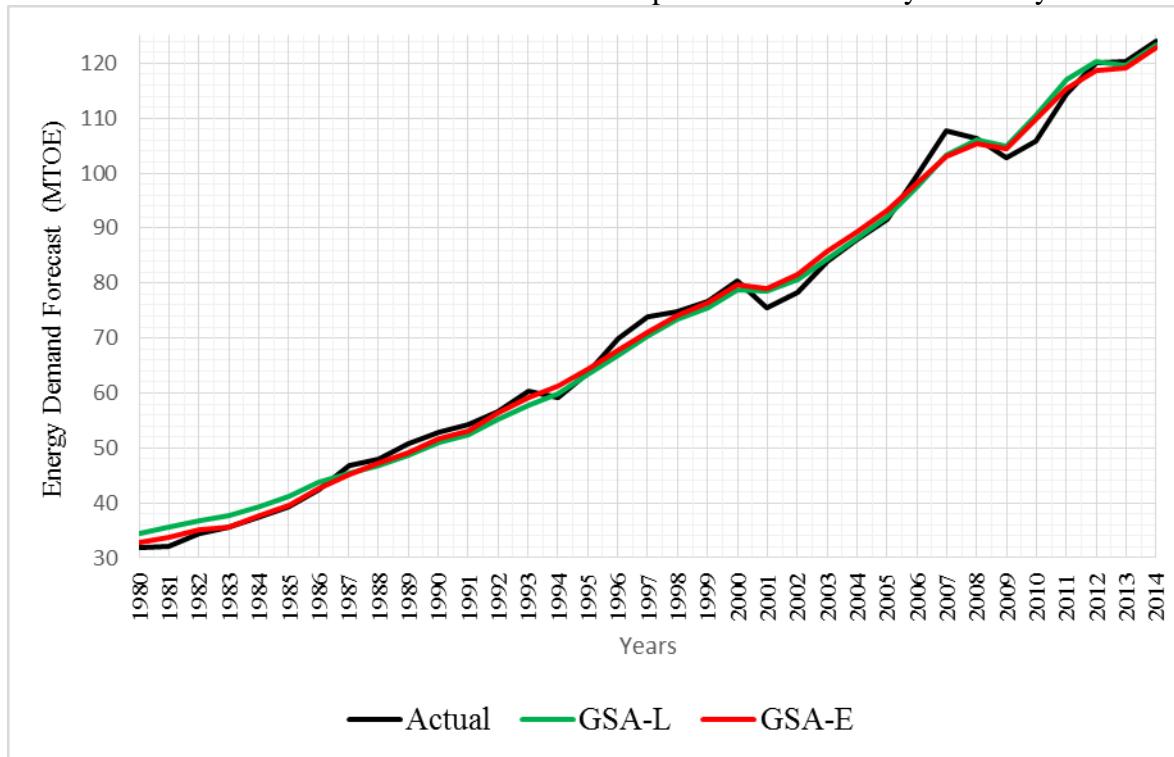
$$w_{GSA_E} = 2.81521, 0.31352, 0.596256, -1.07704, 2.999844, 0.244721, 1.848042, 0.726483, 0.84502$$

**Table 3. Min RMSE Values Obtained as a Result of the Study**

Training set (90%)	Testing set (10%)
-----------------------	----------------------

Models	$R^2$	(1980-2010)	(2011-2014)
		RMSE	RMSE
Linear ( $GSA_L$ )	0,9943	2,192415813	1,317253677
Exponential ( $GSA_E$ )	<b>0,9961</b>	<b>1,821730832</b>	<b>1,128282877</b>

The change graph of  $GSA_L$  and  $GSA_E$  models calculated with the primary energy demand value realized between 1980 and 2014 is given in Figure 1. The downward deviations between 1994, 2001 and 2009 can be attributed to the global and local economic crises in these years. At the same time, looking at Table 2, the increase in energy demand in 2000 and 2007 can be attributed to the economic development of the country in these years.



**Figure 1. Graphic of the Energy Demand Change between 1980 and 2014 with Actual and Calculated Models**

### Scenarios

Low, expected and high scenarios are set up in order to be able to make estimation works and the electricity demand of Turkey is estimated between 2015-2030. Population data for the expected scenario is taken from the Turkish Statistical Institute (TURKSTAT, 2013), government medium-term program for GDP data (MOD, 2016). The rates obtained from the statistical studies of past years for the installed power and gross production, which are electrical indicators, are calculated and taken. The low scenario is 1.5% below the electrical indicators in the expected scenario and the high scenario is 1.5% above the



expected scenario. Scenarios are given in Table 4. Similarly, in the low scenario, it was taken 0.5% below the GDP and 0.5% above the high scenario.

**Table 4. Scenarios for Forecasting**

Scenarios	GDP	Population	Installed power	Gross Generation
Growth rate per year (%)				
Low	4%	The population data obtained from (TURKSTAT, 2013)	5.1%	3.8%
Expected	4.5%		6.6%	5.3%
High	5%		8.1%	6.8%

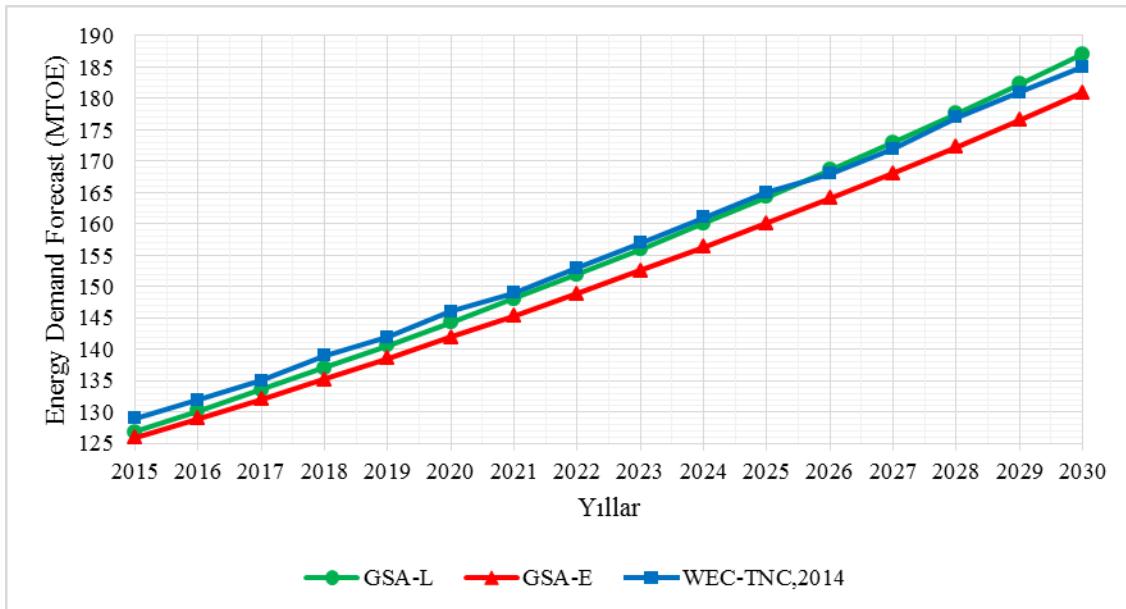
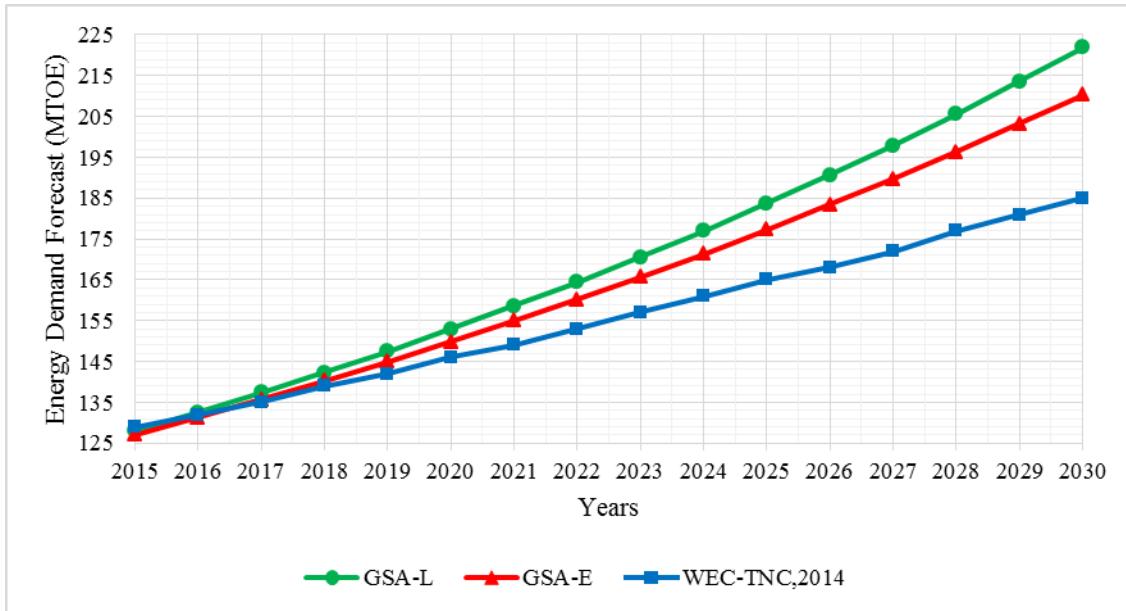
## ESTIMATION RESULTS AND COMPARISON

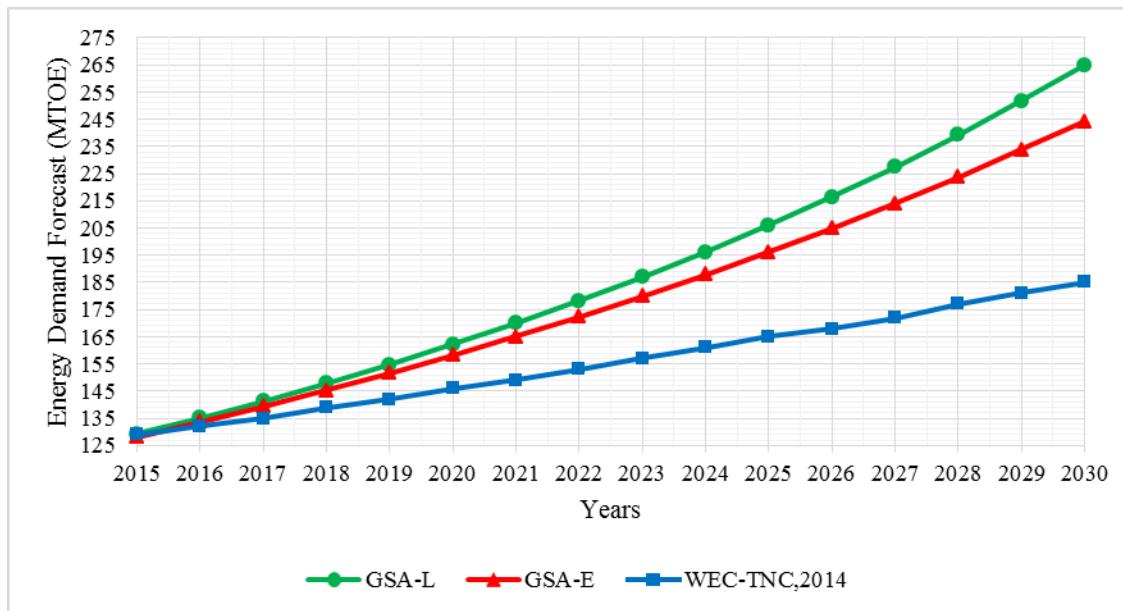
Scenarios in Table 4 for forecasting studies for the future were established between 2015-2030. Estimation results are compared with the World Energy Council Turkish National Committee 2013 Energy Report (WEC-TNC, 2014). Table 5 presents the estimation results of the 2013 Energy Report. Based on the ratios in the 2013 Energy Report, data not included in this report for years are calculated separately.

**Table 5. Energy Demand Forecasts for 2015-2030 According to 2013 Energy Report and Scenario**

Years	Low Scenario		Expected Scenario		High Scenario		(WEC-TNC, 2014)
	(GSA <sub>L</sub> )	(GSA <sub>E</sub> )	(GSA <sub>L</sub> )	(GSA <sub>E</sub> )	(GSA <sub>L</sub> )	(GSA <sub>E</sub> )	
2015	126,89	125,9	128,04	127,03	129,2	128,16	129
2016	130,2	128,94	132,61	131,28	135,06	133,64	132,2
2017	133,59	132,05	137,37	135,68	141,26	139,37	135,48
2018	137,08	135,25	142,33	140,25	147,82	145,37	138,84
2019	140,66	138,54	147,51	144,98	154,77	151,66	142,28
2020	144,34	141,91	152,91	149,89	162,13	158,26	145,81
2021	148,11	145,37	158,55	154,98	169,93	165,16	149,43
2022	151,99	148,92	164,43	160,26	178,19	172,4	153,13
2023	155,98	152,56	170,58	165,74	186,95	179,98	156,93
2024	160,08	156,3	177	171,42	196,25	187,93	160,68
2025	164,27	160,14	183,68	177,31	206,08	196,25	164,52
2026	168,57	164,08	190,65	183,43	216,51	204,98	168,46
2027	173	168,13	197,95	189,77	227,58	214,12	172,49
2028	177,55	172,28	205,57	196,34	239,33	223,71	176,61
2029	182,23	176,55	213,53	203,16	251,8	233,75	180,83
2030	187,04	180,92	221,86	210,24	265,04	244,28	185,16

It is seen that the min RMSE value obtained in the study result is in GSA<sub>E</sub> model in Table 3. At the same time, the R<sup>2</sup> value, which is the correlation coefficient, is higher in the GSA<sub>E</sub> model. The model created in Figure 2.4 is compared with the 2013 Energy Report.

**Figure 2. Low Scenario Forecast Comparison****Figure 3. Expected Scenario Forecast Comparison**



**Figure 4. High Scenario Forecast Comparison**

Given the benchmark results, the estimates of the 2013 Energy Report of the World Energy Council (WEC-TNC, 2014) and the low-scenario  $GSA_L$  and  $GSA_E$  models are similar. The expected and high scenarios created by the change of the energy demand depending on many variables provide more options for forecasting.

## CONCLUSION

In this study, electricity demand forecast in Turkey was performed using Gravitational Search Algorithm (GSA). Population, GDP, installed power and gross production indicators are used for estimation work. With these indicators, GSA-linear and GSA-exponential models were created. Min RMSE results indicate that the GSA-Exponential model has been calculated for both training and testing results with a lower error rate. According to the calculation results, the GSA method was found to be usable. Later, low, expected and high scenarios were created and the energy demand forecast of Turkey was made until 2030. The results obtained are compared with the World Energy Council Turkish National Committee 2013 Energy Report. When the results obtained and the forecast results of the 2013 Energy Report are examined, it is seen that the results of the models produced with the low scenario are similar. Given the effects of economic crises in Turkey, the low demand scenario should be considered closer to reality. After the crisis period, to meet the normal demand, increases that will occur after economic stabilization, the system will need powerful power plants that can generate large amounts of electricity. It can be seen that these scenarios can be used in forecasting studies because expected and high scenarios can be explained by the increase of energy demand depending on the development of the country. This provides a variety of estimates.

## REFERENCES

- Canyurt, O. E., Ceylan, H., Ozturk, H. K., & Hepbasli, A. (2004). Energy demand estimation based on two-different genetic algorithm approaches. *Energy Sources*, 26(14), 1313-1320.



- Canyurt, O. E., Ozturk, H. K., Hepbasli, A., & Utlu, Z. (2005). Estimating the Turkish residential-commercial energy output based on genetic algorithm (GA) approaches. *Energy Policy*, 33(8), 1011-1019.
- Ceylan, H., & Ozturk, H. K. (2004). Estimating energy demand of Turkey based on economic indicators using genetic algorithm approach. *Energy Conversion and Management*, 45(15-16), 2525-2537.
- Çunkaş, M., & Taşkiran, U. (2011). Turkey's Electricity Consumption Forecasting Using Genetic Programming. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 6(4), 406-416.
- Daş, G. S. (2016). Forecasting the energy demand of Turkey with a NN based on an improved Particle Swarm Optimization. [journal article]. *Neural Computing and Applications*, 1-11.
- DEKTMK. (2014). Enerji Raporu 2013. from <http://www.dektmk.org.tr/upresimler/Enerji-Raporu-2013.pdf>
- Es, H. A., Kalender, F. Y., & Hamzacebi, C. (2014). Forecasting the Net Energy Demand of Turkey by Artificial Neural Networks. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 29(3), 495-504.
- ETKB. (2008). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Mavi Kitap. Retrieved 04.09.2017, from <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Mavi-Kitaplar>
- ETKB. (2014). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji Denge Tablolari. Retrieved 04.09.2017, from <http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tablolari/Denge-Tablolari>
- Gürbüz, F., Öztürk, C., & Pardalos, P. (2013). Prediction of electricity energy consumption of Turkey via artificial bee colony: a case study. [journal article]. *Energy Systems*, 4(3), 289-300.
- Kankal, M., Akpinar, A., Komurcu, M. I., & Ozsahin, T. S. (2011). Modeling and forecasting of Turkey's energy consumption using socio-economic and demographic variables. *Applied Energy*, 88(5), 1927-1939.
- Kankal, M., & Uzlu, E. (2016). Neural network approach with teaching–learning-based optimization for modeling and forecasting long-term electric energy demand in Turkey. [journal article]. *Neural Computing and Applications*, 1-11.
- Kiran, M. S., Ozceylan, E., Gunduz, M., & Paksoy, T. (2012). A novel hybrid approach based on Particle Swarm Optimization and Ant Colony Algorithm to forecast energy demand of Turkey. *Energy Conversion and Management*, 53(1), 75-83.
- MOD. (2016). Republic of Turkey Ministry of Development. Retrieved 16.11.2016, from <http://www.mod.gov.tr/Pages/MediumTermPrograms.aspx>
- Rashedi, E., Nezamabadi-Pour, H., & Saryazdi, S. (2009). GSA: A Gravitational Search Algorithm. *Information Sciences*, 179(13), 2232-2248.
- TURKSTAT. (2013). Turkish Statistical Institute. Retrieved 16.11.2016, from <http://www.turkstat.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>



## THE INVESTIGATION of MUNICIPAL SOLID WASTE POTENTIAL of EASTERN ANATOLIAN REGION

Emre GONEL  
Bitlis Eren University  
egonel@beu.edu.tr

Rasim BEHÇET  
Inonu University  
rasim.behcet@inonu.edu.tr

Faruk ORAL  
Bitlis Eren University  
foral@beu.edu.tr

**ABSTRACT:** The population in Turkey has been increasing day by day with urbanization and industrialization. For that reason, energy demand in Turkey has been increased too. Turkey supplies a large part of its energy needs from fossil fuels. Turkey depends foreign countries in terms of fossil resources and affects the country's economy negatively. Biomass is an energy source that can be an alternative to fossil energy sources. Municipal solid wastes are also a source of biomass. There are many municipal solid waste management technologies. However, energy are mainly obtained in modern facilities. As a country, there are modern municipal solid waste facilities in the developed cities of the country. In these plants energy production is achieved from municipal solid wastes and the negative effects of these wastes on the environment and human health are minimized. In this study, the municipal solid waste management of the Eastern Anatolian region is investigated and the energy potential of these wastes is evaluated.

**Key words:** biogas, municipal solid waste, energy, Malatya



## THE EFFECT OF NANOCLAY ON DAMPING AND VIBRATION CHARACTERISTICS OF GLASS/EPOXY FIBER REINFORCEMENT COMPOSITE LAMINATES

Ömer Yavuz BOZKURT

Mechanical Engineering Department, Gaziantep University, Gaziantep, Turkey  
[oybozkurt@gantep.edu.tr](mailto:oybozkurt@gantep.edu.tr)

Özkan ÖZBEK\*

Mechanical Engineering Department, Gaziantep University, Gaziantep, Turkey  
[ozkanozbek@gantep.edu.tr](mailto:ozkanozbek@gantep.edu.tr)

Waleed A. FAYADH

Mechanical Engineering Department, Gaziantep University, Gaziantep, Turkey  
[fayadhw@gmail.com](mailto:fayadhw@gmail.com)

\*Corresponding Author: ozkanozbek@gantep.edu.tr

**ABSTRACT:** The desire to improve the properties of composite materials with increasing demand in the market necessities is directed to the use of some nano-scaled additives or fillers. The present work deals with an experimental investigation about the influence of nanoclay on damping and vibration characteristics of glass/epoxy fiber-reinforced composite laminates. The laminates were fabricated by hand lay-up technique using various nanoclay content (1%, 3% and 5%) of the epoxy resin. The dynamic response characteristics of composite laminates were investigated using dynamic modal analysis. The half power band-width method was performed to obtain damping behaviors from the vibration response envelope curve. Loss modulus, storage modulus and damping ratio of the structures were also derived. The results of the study may provide valuable information for researchers and engineers in design applications.

**Key words:** damping, vibration, glass fiber, nanoclay

### INTRODUCTION

Polymer-based composite materials developed by technological advances in materials science are preferred today in engineering areas such as aerospace, mechanical, civil since they have higher performance compared to classical engineering materials. Composite materials derived from two or more materials essentially with different properties offer environmental friendly, high specific strength and stiffness, high chemical resistance, easy formability and vibration damping. On the other hand, further improvement of the mechanical behavior of these materials due to the increasing demand from the market necessities can be achieved by increasing the performance of the matrix, which is the weak component of the derived material. One of the most popular ways to improve the mechanical behaviors of the matrix component under operation is the incorporation of some additive or filler materials. The nanoparticles have affected the characteristics of the materials for the usage even very small amounts. There are many kinds of nanomaterials such as carbon nanotube, nanoclay, nanosilica, nanographeme used in scientific studies.



Improving the damping behavior of materials is vital to the dynamic properties of the materials because damping is a crucial factor in increasing service life by reducing vibration and noise of structures. Many studies about the dynamic behaviors of fiber-reinforced composite materials with and without nanoparticles can be seen in the literature [1-3]. Huang and Tsai [4] have investigated the effects of nanoparticles on the vibration damping of fiber reinforced composite laminates analytically and experimentally. Addition of nanosilica used as nanoparticles has shown improvement on the dynamic behaviors of the specimens. Chandradass et al. [5] have researched the vibration damping properties of only four layer composite laminates having E-glass fiber reinforcement and vinyl ester matrix. They have found that specimen with 3% nanosilica content has the highest natural frequency value. Khan et al. [6] have examined the effects of multi-walled carbon nanotubes on the vibration damping behaviors of carbon/epoxy fiber reinforced composite laminates. It is observed that carbon nanotubes have increased the damping ratio of the specimens. Praveen et al. [7] have investigated the effects of nanoclay addition on the mechanical and damping behaviors of aramid short fiber-filled styrene butadiene rubber composites. Arulmurugan and Venkateshwaran [8] have performed the vibration analysis of natural fiber reinforced and polyester matrix composites having nanoclay addition. Nano clay content has improved the damping ratio of the materials. Kim et al. [9] have examined the influence of seawater absorption on the vibration damping behaviors of composite laminates having basalt fiber reinforcement and epoxy matrix addition with carbon nanotube particles.

Many studies [10-12] are present to observe effects of nanoclay addition on the mechanical behaviors of the composite laminates in the literature. These studies have showed the serious effects to the composites with nanoclay particles as positive or negative. The current study presents the effects of nanoclay amounts on the vibration and damping behaviors of glass/epoxy reinforced composite laminates, experimentally. The obtained results were compared with the composite laminates having no nanoclay particle ones.

## MATERIALS AND METHODS

### Materials

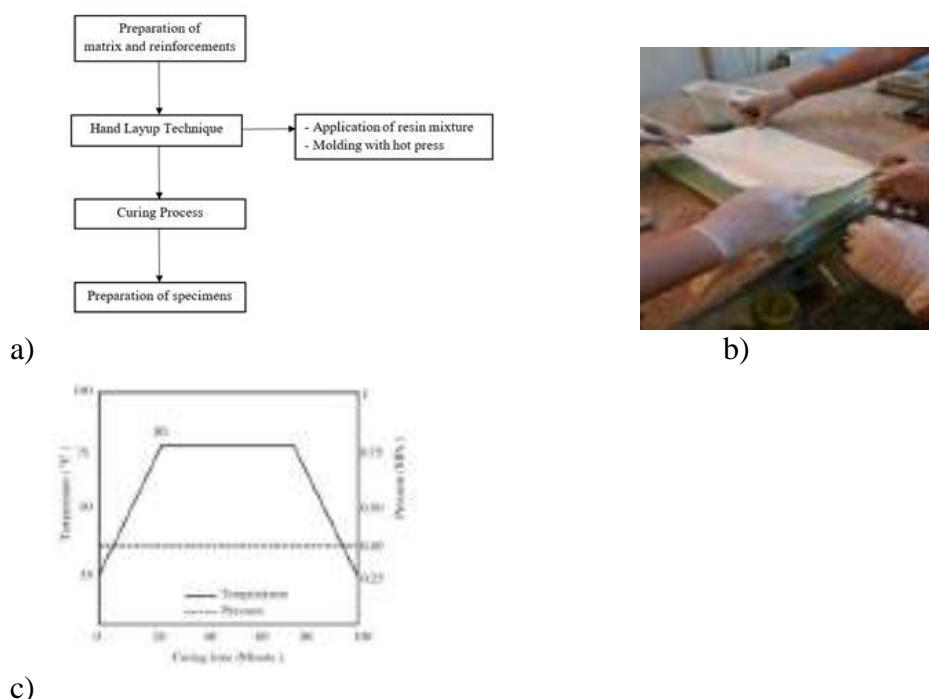
Plain woven glass fabric having  $[(0^\circ/90^\circ)_s]_6$  of fiber orientation and  $202 \text{ g/m}^2$  areal density was used as reinforcement in the composite laminates. Epoxy resin (MOMENTIVE-MGS L285) and hardener (MOMENTIVE-MGS H285) used in matrix content and E-glass fabric were procured from DOST Chemical Industrial Raw Materials Industry, Turkey. Also montmorillonite nanoclay with 35-45 wt.% dimethyl dialkyl (C14-C18) amine was provided by Grafen Chemical Industries, Turkey. The density and thickness values of the material components are given in Table 1. Epoxy resin and nanoclay particles were stirred homogeneously according to different weight percentages. Then, hardener addition was performed in the stoichiometric ratio of epoxy-hardener mixture as 100:40.

*Table 1. The physical properties of reinforcements and epoxy resin.*

Constituent	Density	Thickness
Glass fabric	$202 \text{ g/m}^2$	0.15 mm
Nanoclay	$200\text{-}500 \text{ kg/m}^3$	1-10 nm
Epoxy	$1.18 \text{ g/m}^3$	-

### Preparation of Specimens

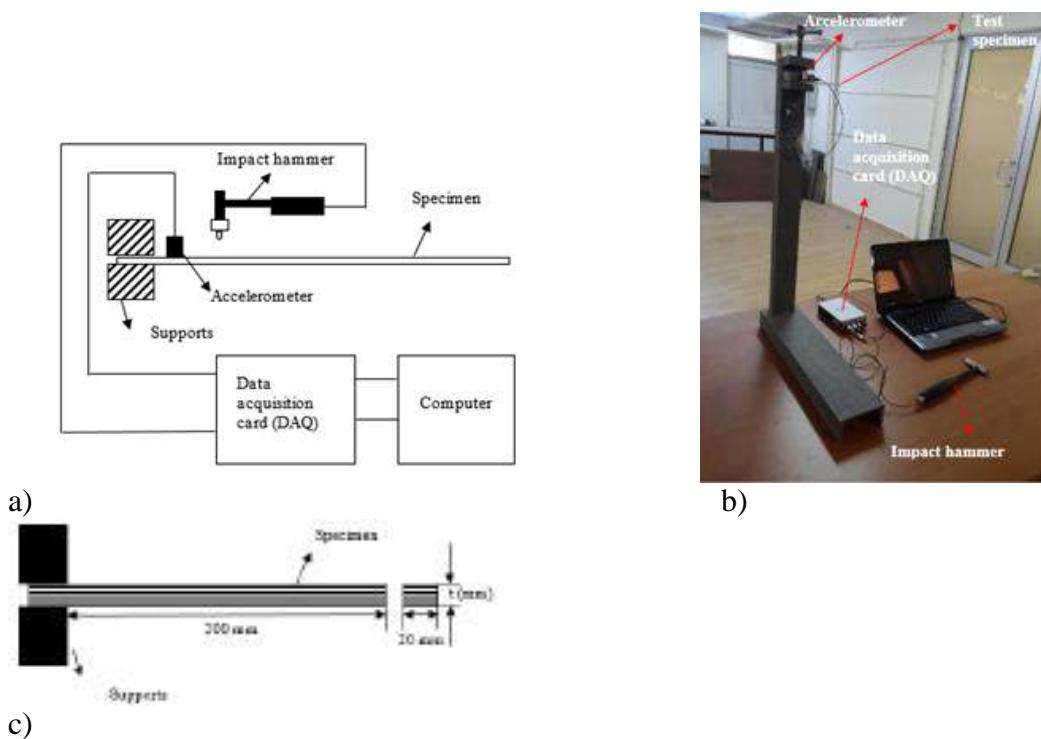
Step by step representation of fabrication procedure are given in Fig. 1a. Hand layup technique, shown in Fig. 1b, was conducted to obtain composite laminates. For this purpose, a thin release agent and a layer of glass fabric were placed on the below mold plate. Then, resin mixture was applied on the fabric layer with a help of brush. Afterwards, second fabric layer was placed and resin mixture was applied, respectively. This process was repeated until twelve layers were stacked. Lastly, top mold plate was deposited on the wet fabric layers. After finishing the preparation of combination of resin mixture and fabric layers, curing process was performed as shown in Fig. 1c in a hot press. Vibration test specimens were cut on the mini CNC machine. All this procedure was applied for each nanoclay content of 0%, 1%, 2% and 3%.



**Figure 1.** Fabrication Process; a) step by step representation of fabrication, b) hand layup method, c) curing process.

### Vibration Experiments

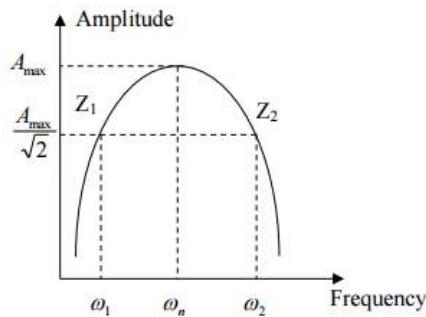
Vibration experiments have been conducted to determine dynamic characteristics of composite laminates having nanoclay particles according to ASTM E756 standard [13]. The dimensions of the specimens and test device used in experimental studies have been represented in Fig. 2. A National Instrument product NI 9234 data acquisition device with LABVIEW program was used as software. PCB 352C03 ceramic shear ICP ® accelerometer and PCB 086C03 modal impact hammer were employed for output and stimulus force signal, respectively.



**Figure 2.** Vibration test set-up. a) Sketch of vibration test mechanism, b) Overall view of vibration test set-up, c) Test specimens with dimensions in the frame.

#### Damping Ratio

Half-power bandwidth method as shown in Figure 3. was used to measure first mode natural frequencies. Then, damping ratios of the specimens were calculated using Eq. (1).



**Figure 3.** Half-power bandwidth method.

$$\xi = \frac{\omega_2 - \omega_1}{2 \times \omega_n} \quad (1)$$

where  $\omega_1$ ,  $\omega_2$  are the bandwidth,  $\omega_n$  is the natural frequency of first mode, and  $\xi$  is the damping ratio.

The storage modulus ( $E'$ ) of the beam specimen was obtained using Eq. (2).

$$\omega_1 = \frac{1.875^2}{2\pi L^2} \sqrt{\frac{E'I}{\rho A}} \quad (2)$$

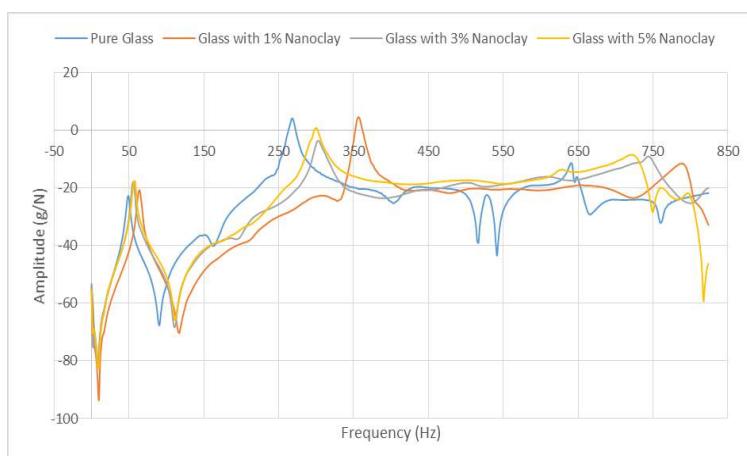
where  $\rho$  is density of the beam,  $A$  is the cross-section of the beam,  $I$  is the moment of inertia of the given cross-section of beam,  $E'$  is the storage modulus,  $L$  is the free length of the beam and  $\omega_1$  is the natural frequency of first mode.

Similarly, loss modulus ( $E''$ ) of the beam specimen can be found using the following relationship between loss and storage modulus.

$$E'' = E'(\omega) \tan(\delta) = 2E'(\omega)\xi(\omega) \quad (3)$$

## RESULTS AND DISCUSSIONS

According to results of vibration experiments, frequency response curves vs. amplitude were plotted in Fig. 4. Also, values of 1st and 2nd mode natural frequencies, damping ratio, storage and loss modulus of the specimens obtained from frequency response curves are given in Table 2. The maximum natural frequency of the first mode was found on the specimen with 1% nanoclay content as 63.59 Hz. It showed to 28% increase compared to natural frequency of pure glass specimen. However, it has lowest damping ratio since stiffness increase resulted in. After the 1% weight content of nanoclay amount, there is a decreasing trend because of happening of some agglomerations in the resin-nanoparticle mixture.

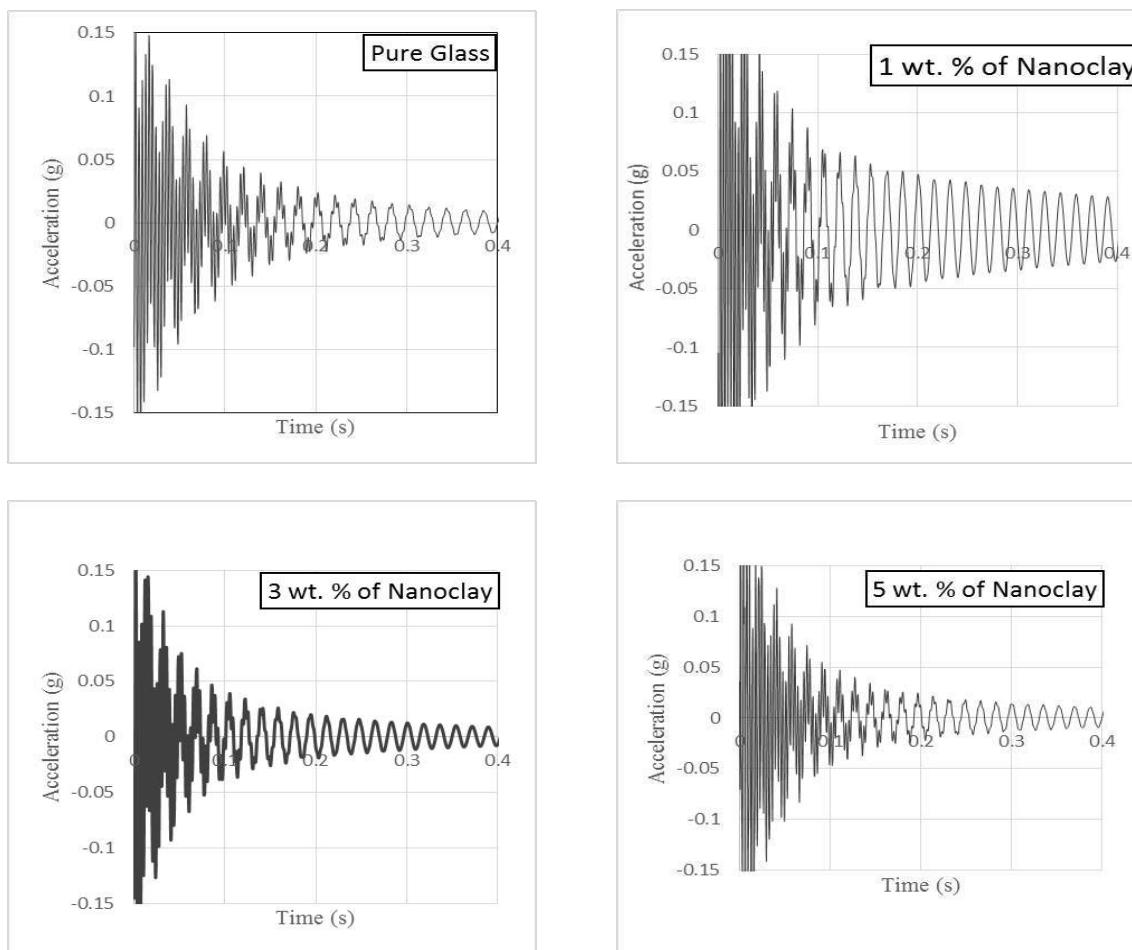


**Figure 4.** Frequency responses of the specimens.

**Table 2. Damping, frequency and modulus values.**

Nanocla y Content (%)	First mode (Hz)	Second mode (Hz)	Damping ratio	Storage Modulus (GPa)	Loss Modulus (GPa)
0	<b>49.55</b>	<b>269.76</b>	<b>0.5</b>	<b>18.81</b>	<b>18.66</b>
1	<b>63.59</b>	<b>356.20</b>	<b>0.43</b>	<b>22.05</b>	<b>19.09</b>
3	<b>56.15</b>	<b>301.42</b>	<b>0.51</b>	<b>14.38</b>	<b>14.76</b>
5	<b>57.81</b>	<b>300.04</b>	<b>0.57</b>	<b>15.07</b>	<b>17.12</b>

Fig. 5 illustrates the effects of nanoclay content resulting from the displacement versus time records. Amplitude-time decaying curves were recorded within the same time interval (0.4 second) in order to compare damping properties of the specimens. It can be said that increase in natural frequency of the specimens up to 1 weight percentage nanoclay amount resulted with the decrease in damping ratio. It is already seen the last stability have been occurred on the 1% nanoclay amount. Afterwards it becomes directly opposite at 3% and 5% nanoclay content situation.



**Figure 5.** Time dependent acceleration responses of the specimens.

## CONCLUSIONS

In this work, damping and vibration characteristics of glass/epoxy composite laminates were determined and the effects of nanoclay amount in epoxy resin was evaluated. Using the half power bandwidth method, the damping properties were obtained from vibration response envelope curves. The main conclusions from this study can be summarized as follows:

- Damping and vibration characteristics of the composite specimens are strongly affected by the nanoclay inclusion in epoxy resin,
- Natural frequency, storage modulus and loss modulus of the specimens increase up to 1% nanoparticle. With the 3% and 5% inclusions, they have decrease trend since some agglomerations may be happened in the epoxy-nanoclay mixture.
- The effects of nanoclay on damping ratio of the specimens are explained according to opposite of natural frequency.

Finally, the results suggest that it can be possible to obtain a desired damping and vibration capability by altering the nanoclay amount in the specimens.

## REFERENCES

- [1] Finegan, I. C., & Gibson, R. F. (1999). Recent research on enhancement of damping in polymer composites. *Composite Structures*, 44(2-3), 89-98.



- [2] El Mahi, A., Assarar, M., Sefrani, Y., & Berthelot, J. M. (2008). Damping analysis of orthotropic composite materials and laminates. *Composites Part B: Engineering*, 39(7), 1069-1076.
- [3] Bulut, M., Erkli̇g, A., & Yeter, E. (2016). Experimental investigation on influence of Kevlar fiber hybridization on tensile and damping response of Kevlar/glass/epoxy resin composite laminates. *Journal of Composite Materials*, 50(14), 1875-1886.
- [4] Huang, C. Y., & Tsai, J. L. (2015). Characterizing vibration damping response of composite laminates containing silica nanoparticles and rubber particles. *Journal of Composite Materials*, 49(5), 545-557.
- [5] Chandradass, J., Kumar, M. R., & Velmurugan, R. (2007). Effect of nanoclay addition on vibration properties of glass fibre reinforced vinyl ester composites. *Materials Letters*, 61(22), 4385-4388.
- [6] Khan, S. U., Li, C. Y., Siddiqui, N. A., & Kim, J. K. (2011). Vibration damping characteristics of carbon fiber-reinforced composites containing multi-walled carbon nanotubes. *Composites science and technology*, 71(12), 1486-1494.
- [7] Praveen, S., Chattopadhyay, P. K., Jayendran, S., Chakraborty, B. C., & Chattopadhyay, S. (2010). Effect of nanoclay on the mechanical and damping properties of aramid short fibre-filled styrene butadiene rubber composites. *Polymer International*, 59(2), 187-197.
- [8] Arulmurugan, S., & Venkateshwaran, N. (2016). Vibration Analysis of Nanoclay Filled Natural Fiber Composites. *Polymers & Polymer Composites*, 24(7), 507.
- [9] Kim, M. T., Rhee, K. Y., Jung, I., Park, S. J., & Hui, D. (2014). Influence of seawater absorption on the vibration damping characteristics and fracture behaviors of basalt/CNT/epoxy multiscale composites. *Composites Part B: Engineering*, 63, 61-66.
- [10] Morfologi, S., & dan Mekanik, T. (2013). Glass fiber and nanoclay reinforced polypropylene composites: Morphological, thermal and mechanical properties. *Sains Malaysiana*, 42(4), 537-546.
- [11] Reis, P. N. B., Ferreira, J. A. M., Zhang, Z. Y., Benameur, T., & Richardson, M. O. W. (2013). Impact response of Kevlar composites with nanoclay enhanced epoxy matrix. *Composites Part B: Engineering*, 46, 7-14.
- [12] ASTM E756 - Standard Test Methods for Measuring Vibration Damping Properties of Materials.



## INVESTIGATION OF ACCUMULATION CAPACITIES OF *Lemna minor* L. AND *Lemna gibba* L. TO REMOVE SOME MICRONUTRIENTS IN WASTEWATERS

Şule Yüksel TATAR

Munzur University, Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering  
sytatar@munzur.edu.tr

Erdal ÖBEK

Fırat University, Faculty of Engineering, Department of Bioengineering  
eobek@firat.edu.tr

E. İşıl ARSLAN TOPAL

Fırat University, Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering  
eiarlsan@firat.edu.tr

Murat TOPAL

Munzur University, Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering  
murattopal@munzur.edu.tr

**ABSTRACT:** Wastewaters treated in conventional wastewater treatment plants are discharged to the surface waters as lake, river, stream. The occurrence of organic and inorganic substances (macro and micro nutrients) with high concentrations in effluents was detected. Heavy metals could not be degraded unlike many substances in the ecosystem. Therefore, heavy metals accumulate in water, food and sediment and reach to human via food chain. These element ions which accumulate in the biological systems inhibit the biological activity by harm to the cell functions after a certain threshold value. Therefore, the high concentrations of them need to be removed from the discharge water before entering to the receiving environments. In this study, the efficiency of *Lemna minor* L. and *Lemna gibba* L. was investigated to remove micro elements (Sb, Ba, Co, Cu, Fe, Pb, Mn, Hg, Mo, Se, Ag, Zn) in the effluent of Elazığ Municipal Wastewater Treatment Plant. For this aim, the fronds of these plants were adapted to the effluent of the treatment plant which feed the pilot scale reactors those operated with continuous system. The amounts of the elements in the fronds harvested and the composite wastewater taken daily during 7 days were analyzed by ICP-MS. These data were used for the determination of the potentials of the fronds to remove the microelements via accumulation according to the duration of the exposure of the effluent. Analytical results showed that *Lemna minor* L. had higher accumulation potential for Sb, Ba, Co, Fe, Pb, Mn, Hg, Ag and Zn while *Lemna gibba* L. had higher accumulation potential for Cu, Mo and Se. Uptake of elements showed variations according to the accumulation levels and time. In *Lemna minor* L. fronds, when Ba, Se, Cu, Sb, Co, Fe, Pb, Mn, Hg, Ag and Zn showed synergistic relationship Ba, Se, Cu, Sb, Co, Fe, Pb, Mn, Hg, Ag and Zn elements showed synergistic relationship in *Lemna gibba* L. fronds. As a result, it was determined that aquatic plants of *Lemna gibba* L. and *Lemna minor* L. could be used as accumulators for the removal of microelements from wastewaters.

**Key words:** *Lemna gibba* L., *Lemna minor* L., micronutrients, removal, wastewater.



## ATIKSULARDAKİ BAZI MİKRONUTRİENTLERİN GİDERİMİNDE *Lemna minor* L. ve *Lemna gibba* L.'NIN AKÜMÜLASYON KAPASİTELERİNİN ARAŞTIRILMASI

**ÖZET:** Klasik atıksu arıtma tesislerinde arıtılan atıksular göl, nehir, dere gibi yüzey sularına deşarj edilmektedir. Çıkış sularında yüksek konsantrasyonlarda organik ve inorganik maddelerin varlığı (makro ve mikro besin elementleri) tespit edilmiştir. Ekosistemde birçok organik maddenin aksine, ağır metaller biyolojik yollarla bozunamazlar. Bu nedenle, ağır metaller su, besin ve sedimentte birikir ve besin zinciri aracılığıyla insana ulaşır. Biyolojik sistemlerde biriken bu element iyonları belli bir eşik değerinden sonra hücre fonksiyonlarına zarar vererek, biyolojik aktiviteyi inhibe eder. Bu nedenle bunların yüksek konsantrasyonlarının alıcı ortamlara girmeden önce deşarj sularından giderilmeleri gerekmektedir. Bu çalışmada, Elazığ Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi çıkış suyundaki mikro (Sb, Ba, Co, Cu, Fe, Pb, Mn, Hg, Mo, Se, Ag, Zn) elementlerinin gideriminde *Lemna minor* L. ve *Lemna gibba* L.'nin verimliliği araştırılmıştır. Bu amaçla sürekli sistemle kullanılan pilot ölçekli reaktörleri besleyen arıtma tesisi çıkış suyuna bu bitkilerin frondları adapte edilmiştir. 7 gün boyunca günlük alınan kompozit atıksu ile hasatlanan frondlardaki elementlerin miktarı ICP-MS ile analizlenmiştir. Bu veriler, frondların çıkış suyuna maruz kalma süresine bağlı olarak mikro elementleri akümülasyon yoluyla uzaklaştırıldıkları potansiyellerini belirlemek için kullanılmıştır. Analitik sonuçlar, *L. gibba* 'nın Cu, Mo ve Se 'u daha yüksek konsantrasyonlarda biriktirme potansiyeline sahip olduğunu gösterirken *Lemna minor* L.'nın Sb, Ba, Co, Fe, Pb, Mn, Hg, Ag ve Zn 'yu daha yüksek konsantrasyonlarda biriktirme potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir. Elementlerin alınması akümülasyon düzeyi ile zamana bağlı olarak değişiklik göstermiştir. *Lemna minor* L. frondlarındaki akümülasyonda Ba, Se, Cu, Sb, Co, Fe, Pb, Mn, Hg, Ag ve Zn elementleri sinerjik ilişki gösterirken, *Lemna gibba* L. frondlarında ise Ba, Se, Cu, Sb, Co, Fe, Pb, Mn, Hg, Ag ve Zn elementleri sinerjik ilişki göstermiştir. Sonuç olarak *Lemna gibba* L. ve *Lemna minor* L. sucul bitkileri atıksulardan mikroelementlerin gideriminde akümülatörler olarak kullanılabileceği belirlenmiştir.

**Anahtar sözcükler:** *Lemna gibba* L., *Lemna minor* L., mikronutrientler, giderim, atıksu.



## THE ABILITY OF AQUATIC PLANTS (*Lemna gibba* L. ve *Lemna minor* L.) TO ACCUMULATE MACRONUTRIENTS

Şule Yüksel TATAR

Munzur University, Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering  
sytatar@munzur.edu.tr

Erdal ÖBEK

Fırat University, Faculty of Engineering, Department of Bioengineering  
eobek@firat.edu.tr

E. İşıl ARSLAN TOPAL

Fırat University, Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering  
eiarlsan@firat.edu.tr

Murat TOPAL

Munzur University, Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering  
murattopal@munzur.edu.tr

**ABSTRACT:** The high concentrations of macronutrients which are the principals of organic life in effluents of municipal wastewater treatment plant which discharged into the surface waters as lake, river, stream cause serious hazard to the health of the environment and livings. In this study, the efficiency of *Lemna minor* L. and *Lemna gibba* L. on the removal of macro (P, S, Na, K, Ca, Mg) elements in the effluent of Elazığ Municipal Wastewater Treatment Plant which discharged to Keban Dam Lake was comparatively investigated. For this aim, the fronds of these plants were adapted to the effluent of the treatment plant which feed to the pilot scale reactors those operated with continuous system. The amounts of the elements in the fronds harvested and the composite discharged water taken daily during the study period (7 days) were analyzed by ICP-MS. These data were used for the determination of the potentials of the fronds to remove the macro elements via accumulation according to the duration of the exposure of the effluent. Analytical results showed that *L. minor* had higher accumulation potential for P while *Lemna gibba* L. had higher accumulation potential for S, Na, Ca and Mg. In addition, decrease of concentrations of Ca and K was noticed in *Lemna minor* L. while decrease of concentrations of K was noticed in *Lemna gibba* L. Uptake of elements showed variations according to the accumulation levels and time. In the accumulation of *Lemna minor* L. fronds, when P, S, Na and Mg elements showed synergistic relationship, Ca and K showed antagonistic relationship with these elements. In *Lemna gibba* L. fronds, P, S, Na, Mg and Ca elements showed synergical relationship while K showed antagonistic relationship with these elements. The results showed that *Lemna gibba* L. and *Lemna minor* L. could be used as a phytoremediator of wastewater.

**Key words:** *Lemna gibba* L., *Lemna minor* L., nutrients, removal.



## SUCUL BİTKİLERİN (*Lemna gibba* L. ve *Lemna minor* L.) MAKRONUTRIENTLERİ AKÜMÜLE ETME KABİLİYETLERİ

**ÖZET:** Canlı yaşamının temelini oluşturan makro besin elementlerinin göl, nehir, dere gibi yüzey sularına deşarj edilen kentsel atıksu arıtma tesisi çıkış sularındaki yüksek seviyeleri çevre ve canlı sağlığı için ciddi bir tehlike oluşturmaktadır. Bu çalışmada, Keban Baraj Gölüne deşarj edilen Elazığ Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi çıkış suyundaki makro (P, S, Na, K, Ca, Mg) elementlerinin gideriminde *Lemna minor* L. ve *Lemna gibba* L.'nin verimliliği karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bu amaçla sürekli sistemle çalışan pilot ölçekli reaktörleri besleyen arıtma tesisi çıkış suyuna bu bitkilerin frondları adapte edilmiştir. Çalışma sürecinde (7 gün) günlük alınan kompozit deşarj suyu ile hasatlanan frondlardaki elementlerin miktarı ICP-MS ile analizlenmiştir. Bu veriler, frondların çıkış suyuna maruz kalma süresine bağlı olarak makro elementleri akümülasyon yoluyla uzaklaştırıldıkları potansiyellerini belirlemek için kullanılmıştır. Analitik sonuçlar, *Lemna gibba* L.'nın ise S, Na, Ca ve Mg'u için daha yüksek akümülasyon potansiyeline sahip iken *Lemna minor* L.'nın P için daha yüksek akümülasyon kapasitesine sahip olduğunu göstermiştir. Buna ek olarak, *Lemna gibba* L.'da K konsantrasyonlarında azalma fark edilirken *Lemna minor* L.'de Ca ve K konsantrasyonlarında azalma fark edilmiştir. Elementlerin alınması akümülasyon düzeyi ile zamana bağlı olarak değişiklik göstermiştir. *Lemna minor* L. frondlarındaki akümülasyonda P, S, Na ve Mg elementleri sinerjik ilişki gösterirken, Ca ve K bu elementlerle antagonistik ilişki gösterdi. *Lemna gibba* L. frondlarında ise P, S, Na, Mg ve Ca elementleri sinerjik ilişki gösterirken K bu elementlerle antagonistik ilişki göstermiştir. Sonuçlar *Lemna minor* L. ve *Lemna gibba* L.'nın atık suyun bir fitoremediatörü olarak kullanılabilceğini göstermektedir.

**Anahtar sözcükler:** *Lemna gibba* L., *Lemna minor* L., nutrientler, giderim.



## AN ALTERNATIVE ENERGY RESOURCE FOR CHICKEN FARMS: CHICKEN FERTILIZER

Rasim BEHÇET  
Inonu University  
rasim.behcet@inonu.edu.tr

Emre GONEL  
Bitlis Eren University  
egonel@beu.edu.tr

M. Serkan DİRİCAN  
Inonu University

**ABSTRACT:** Energy demand has been increased as parallel to population increase and energy consumption. Biomass is one of the clean and reliable energy sources that can meet this demand. Biomass has recently received attention as a potential alternative to fossil fuels. Waste biomass is a source of energy that can be evaluated both in terms of environmental cleanliness and human health. Especially in large settlements, wastes are increasing day by day. These wastes are converted into energy by many methods. In this way, both human health is protected and new and local energy resources are obtained by getting rid of unwanted odor and bad appearance. Nowadays, bioenergy technology is the most common method used for energy production from waste. Chicken fertilizer is one of the local and renewable energy sources from animal waste that can be converted into bioenergy. The aim of this study to evaluate chicken poultry and poultry farm wastes as a by-product of poultry farms and supply energy demands of the farms especially for heating and lighting. For this purpose, the number of poultry farms in Malatya, the number of poultry in these farms and the potential of waste from these poultry farms in energy production have been analyzed.

**Key words:** biogas, animal fertilizers, energy, Malatya

## TAVUK ÇİFTLİKLERİ İÇİN ALTERNATİF BİR ENERJİ KAYNAĞI: TAVUK GÜBRESİ

**ÖZET:** Nüfusun artması ile birlikte enerji tüketimi yükselmekte dolayısıyla enerji talebi artmaktadır. Bu talebi karşılayacak temiz ve güvenli kaynaklardan biride biyokütledir. Biyokütle, son zamanlarda fosil yakıtlara potansiyel bir alternatif olarak dikkat çekmektedir. Atık kaynaklı biyokütle hem çevre temizliği hem de insan sağlığı açısından enerji üretiminde değerlendirilecek kaynaklarındandır. Özellikle büyük yerleşim yerlerinde atıklar her geçen gün biraz daha artmaktadır. Bu atıklar birçok yöntemle enerjiye dönüştürülmektedir. Bu sayede hem insan sağlığı korunmakta hem de çevre istenmeyen koku ve görünümlerden kurtularak yeni ve yerel enerji kaynakları elde edilmektedir. Biyoenerji teknolojisi günümüzde atıklardan enerji üretimi için kullanılan en yaygın yöntemlerdendir. Tavuk gübresi, biyoenerjiye dönüştürülebilcek hayvansal atık kaynaklı yerel ve yenilenebilir enerji kaynaklarından birisidir. Bu çalışmada, tavuk



çiftliklerinden yan ürün olarak meydana tavuk gübresi ve tavuk çiftliği atıkları değerlendirilerek çiftliklerin ısıtma ve aydınlatma başta olmak üzere gerekli olan ihtiyaçlar için enerjinin teminidir. Bu amaca yönelik olarak enerji üretiminde değerlendirilecek Malatya ilindeki tavuk çiftlikleri, bu çiftliklerde bulunan tavuk sayısı ve bu tavuklardan meydana gelen atık potansiyelinin çiftliklerde ihtiyaç duyulan enerjinin elde edilmesinde katkısı araştırılmıştır.

**Anahtar sözcükler:** biyogaz, hayvan gübresi, enerji, Malatya



## NUMERICAL STUDY OF NATURAL CONVECTION AND ENTROPY GENERATION IN AN OPEN ENCLOSURE WITH PARTITIONS

Fatih SELIMEFENDIGIL

Mechanical Engineering Department, Celal Bayar University, Manisa, Turkey  
fthsel@yahoo.com

Hakan F. OZTOP

Mechanical Engineering Department, Technology Faculty, Firat University, Elazig, Turkey  
hfoztop1@gmail.com

**ABSTRACT:** In this study, natural convection and entropy generation in a cavity with an opening was numerically examined. Finite volume method was used to solve the governing equations. Effects of wall temperature and partitions within the open cavity on the heat transfer and fluid flow characteristics were numerically examined. Second law analysis of the system was also performed. It was observed that adding partitions affects the variation of local and average Nusselt number along the walls of the cavity. Entropy generation rate was also influenced by changing the wall temperature and adding partitions to the cavity.

**Key words:** natural convection, entropy generation, CFD.

### INTRODUCTION

Convective heat transfer characteristics in cavities can be controlled with either by active or passive control strategies and convection in cavities is encountered in a vast amount of engineering applications such as cooling of electronic devices, nuclear reactors, microelectronic devices, coating, solar power and many other systems. Stationary or rotating obstacles could be used to change the convective heat transfer characteristics within the cavity (Selimefendigil and Oztop (2014a), Moukalled and Darwish (2003), Selimefendigil and Oztop (2014b), Selimefendigil and Oztop (2015a)). Partitions within the cavities are used to control the fluid flow within the enclosures (Fontana et al. (2010)).

Second law analysis can be used to evaluate the system performance under various operating conditions (Mahian et al. (2013)). The irreversibility during a process which is called entropy generation rate can be obtained with second law analysis. A review can be found in (Oztop and Al-Salem) where entropy generation in natural convection for energy system is studied. Second law analysis in cavities for natural and mixed convection conditions were studied by several researchers (Hajialigol et al. (2015), Selimefendigil and Oztop (2015b)).

In this study, partitions are added for the natural convection in a cavity with isothermal walls. The present configuration may be encountered in the refrigeration applications where flow and temperature distribution within the cabinet is important. Second law analysis was also performed for various operating conditions.



## METHODS

A schematic description of the problem is shown in Figure 1. A square cavity with an opening is considered. One shelf and two shelves are added to the empty cavity. Length of the cavity is H and shelves are added in the mid (one shelf) and one third of the length (two shelves) of the side wall. The walls of the cavity are isothermal at constant temperatures of  $T_w$ . The right vertical side of the cavity is open to atmosphere with an ambient temperature of  $T_c$ . The cavity is filled with air (Prandtl number of 0.71). The flow is 2D, viscous dissipation and thermal radiations affects are ignored. The natural convection effects are included with the variation of density according to Boussinuesq approximation. Two dimensional governing equations for laminar steady flow can be written as:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial x} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \left( \frac{\mu}{\rho} \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) \right) \quad (2)$$

$$u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \left( \frac{\mu}{\rho} \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) \right) \quad (3)$$

$$u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} = \left( \frac{\kappa}{\rho c_p} \right) \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) \quad (4)$$

Entropy generation rate equation for two dimensional case can be written as:


$$S = \sum_{\text{cells}} S_{\text{cell}} + S_{\text{heat transfer}} + S_{\text{viscous dissipation}} \quad (5)$$

Entropy generation due to heat transfer and viscous dissipation are represented by the first and second terms in the square brackets.

The governing equations are solved with finite volume method. Convective terms in the momentum and energy equations are discretized with Central differencing scheme while SIMPLE algorithm is used for velocity-pressure coupling. The discretized algebraic equations are written in the following form:

$$q\phi = \sum_{\text{nb}} q_n \phi_n + S \quad (6)$$

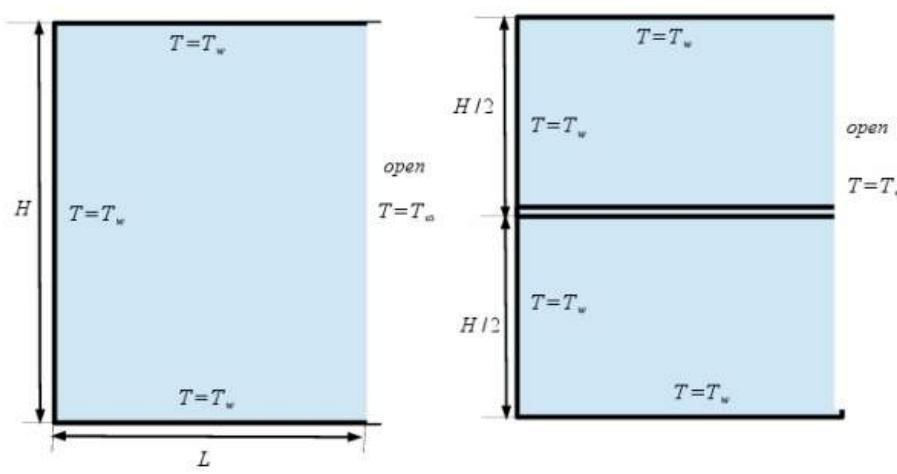


Figure 1 – Schematic description of the problem and boundary conditions

## RESULTS AND FINDINGS

Effects of wall temperature and shelves on the fluid flow, heat transfer and entropy generation characteristics were investigated. Figure 2 and 3 demonstrate the effects of adding shelves on the variation of streamlines and isotherms for fixed wall temperature of  $T_w=2^\circ\text{C}$ . A single vortex is formed and its center is located near the opening for the empty cavity. As the shelves are added to the cavity, the main vortex is divided into two and three ones. The shape of the divided vortices becomes distorted and the cell centers change as compared to empty cavity. In the top and bottom part of the cavity, steep temperate gradients are seen near the opening while adding shelves to the empty cavity changes the variation of steep thermal gradient locations along the walls.

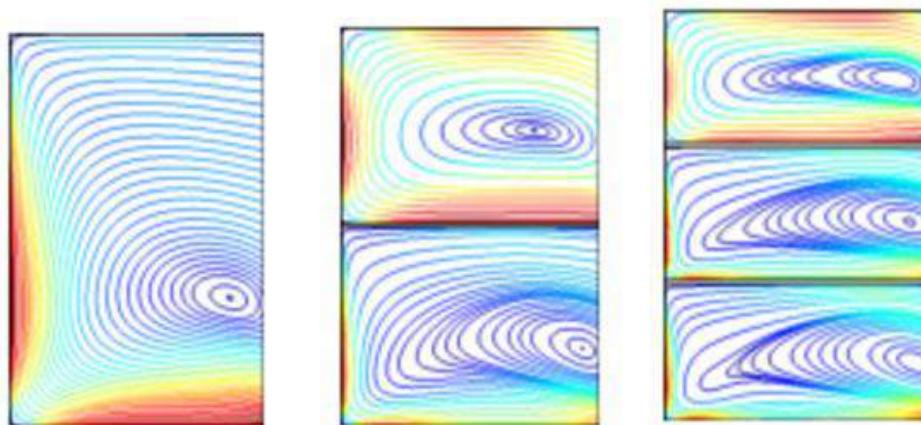


Figure 2 – Variation of streamlines for empty cavity and cavity with shelves

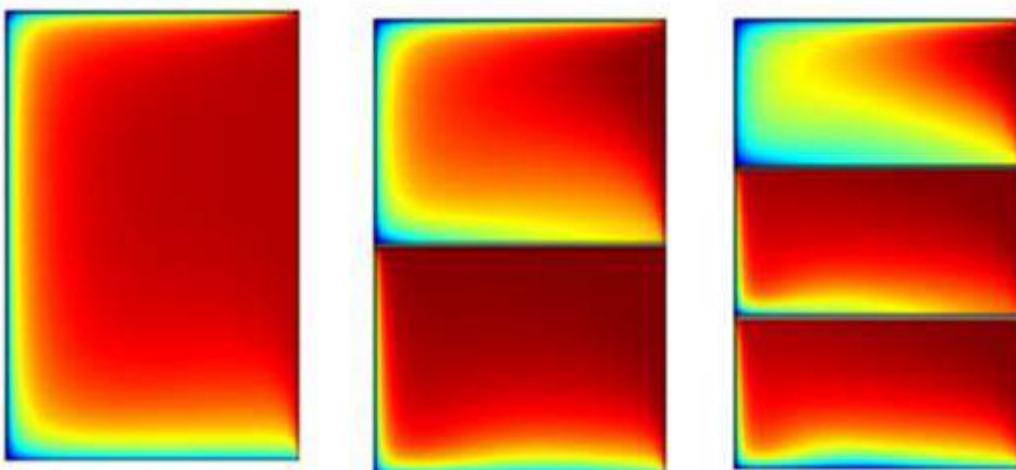


Figure 3 – Variation of isotherms for empty cavity and cavity with shelves

Variation of local Nusselt number along the top wall for various wall temperatures are shown in Figure 4. As the wall temperature enhances, heat transfer rate is locally decreased and its value becomes higher toward the opening. Effects of adding shelves on the variation of local Nusselt number along the bottom and top walls for various wall temperatures are demonstrated in Figure 5 and Figure 6. Adding one shelf decreases heat transfer rate for all parts along the bottom wall while adding two shelves enhances heat transfer rate only in a very small portion of the bottom wall as compared to empty cavity configuration. Along the top wall, the situation is reversed; heat transfer rate is higher for one shelf and lowest for empty cavity. For two shelves case, local Nusselt number is between these two configurations.

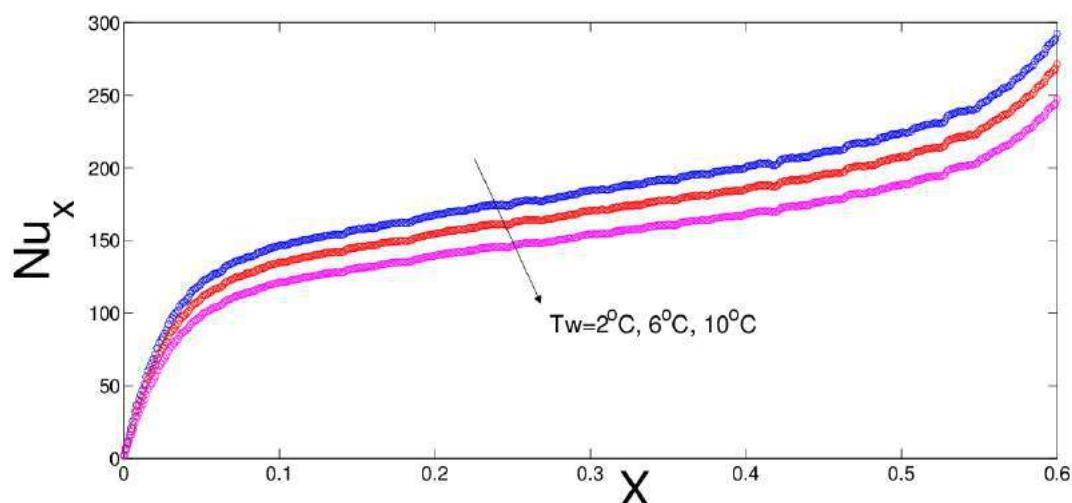
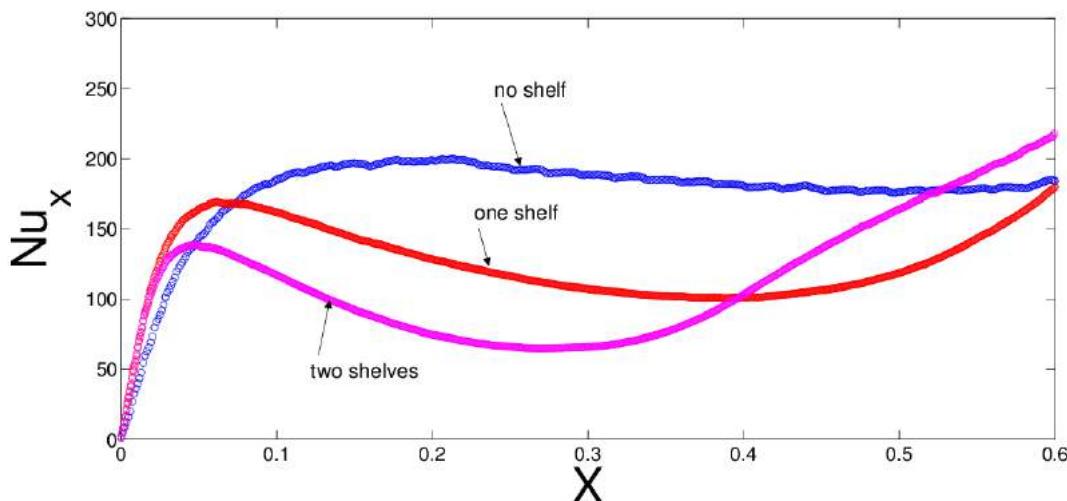
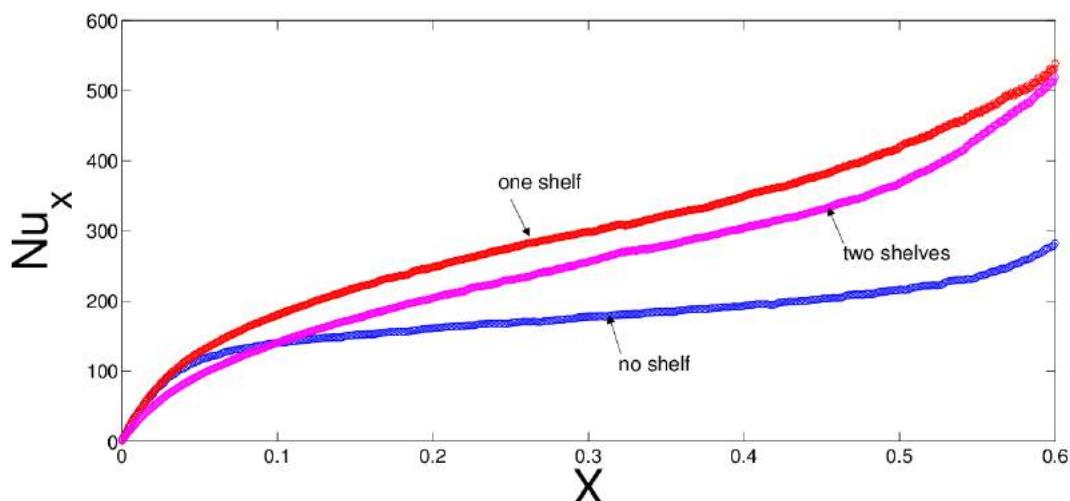


Figure 4 – Local Nusselt number along the top wall for various wall temperatures (empty cavity)



**Figure 4 – Local Nusselt number along the bottom wall for various cases ( $T_w=2^{\circ}\text{C}$ )**



**Figure 5 – Local Nusselt number along the top wall for various cases ( $T_w=2^{\circ}\text{C}$ )**

Table 1 demonstrates the effects of wall temperature on the average Nusselt number variations along various parts of the empty cavity. Average Nusselt number is highest for the left wall while it is lowest for the bottom wall. Average Nusselt number decreases for higher wall temperatures. Table 2 and Table 3 shows the effects of adding shelves on the average Nusselt number distributions for the bottom and top walls of the cavity. For the bottom wall, adding one shelf decreases the average Nusselt number and with the two shelves its value is further reduced. For the top wall, average heat transfer rate is highest for the one shelf case and its value is the lowest for the empty cavity. The trends in the reduction of the average Nusselt number for various wall temperature are similar for all configurations.



Table 1 – Effects of wall temperature on the variation of average Nusselt number for various parts (empty cavity)

Tw	No-shelf	No-shelf	
		bottom	top
2	185,53	198,03	228,35
4	177,8	190,92	219,08
6	169,6	183,32	209,17
8	160,79	175,08	198,56
10	151,23	166,03	187,04

Table 2 – Effects of wall temperature on the variation of average Nusselt number along the bottom wall for various cases

Tw	No-shelf	bottom	
		One-shelf	Two-shelves
2	185,53	135,31	125,84
4	177,8	129,85	120,63
6	169,6	123,99	115,03
8	160,79	117,64	108,96
10	151,23	110,68	102,32

Table 3 – Effects of wall temperature on the variation of average Nusselt number along the top wall for various cases

Tw	No-shelf	top	
		One-shelf	Two-shelves
2	198,03	334,24	294,54
4	190,92	320,88	282,65
6	183,32	306,63	269,92
8	175,08	291,19	256,14
10	166,03	274,31	241,06

Entropy generation rate is normalized with the case for empty cavity. Entropy generation rates for various domains with one shelf and two-shelf configurations are demonstrated in Figure 6 and Figure 7. Normalized entropy generation rate decreases for higher values of wall temperatures. In the upper domain, entropy generation rate is higher with one shelf which is due to the higher heat transfer rate along the top wall with one shelf. For two shelves configurations, entropy generation rate is highest for the upper domain and lowest for the lower domain. Figure 8 shows the effects of adding one shelf produces more entropy as compared to two-shelf. Entropy generation rate is lowest for an empty cavity for the same wall temperature as compared to two-shelf case. The rate of the enhancement is highest for the lowest value of wall temperature.

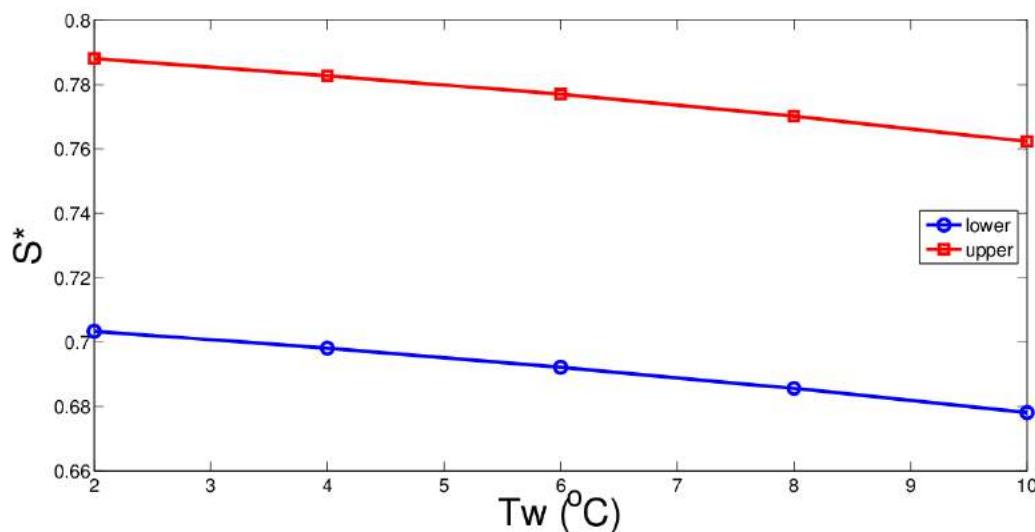


Figure 6 – Entropy generation rate versus wall temperature for the upper and lower domains (one shelf)

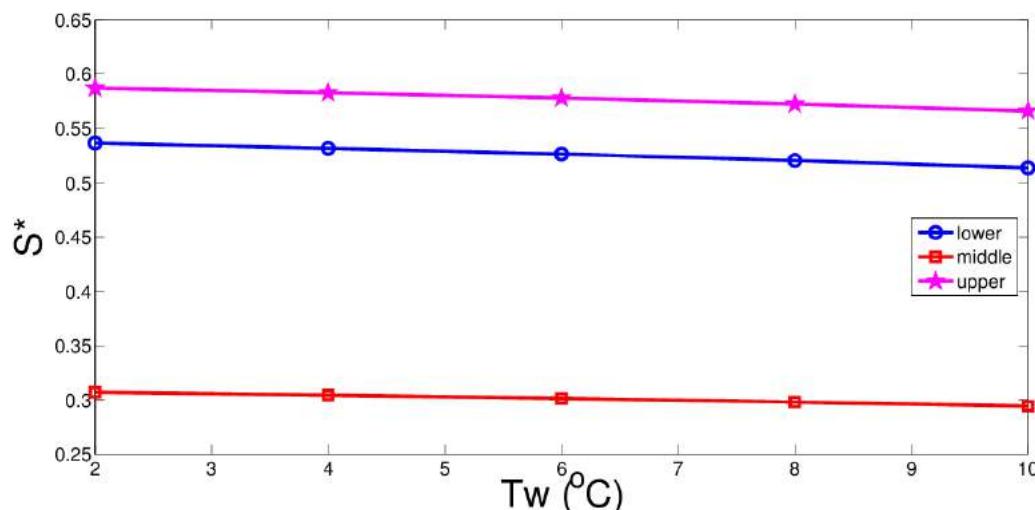
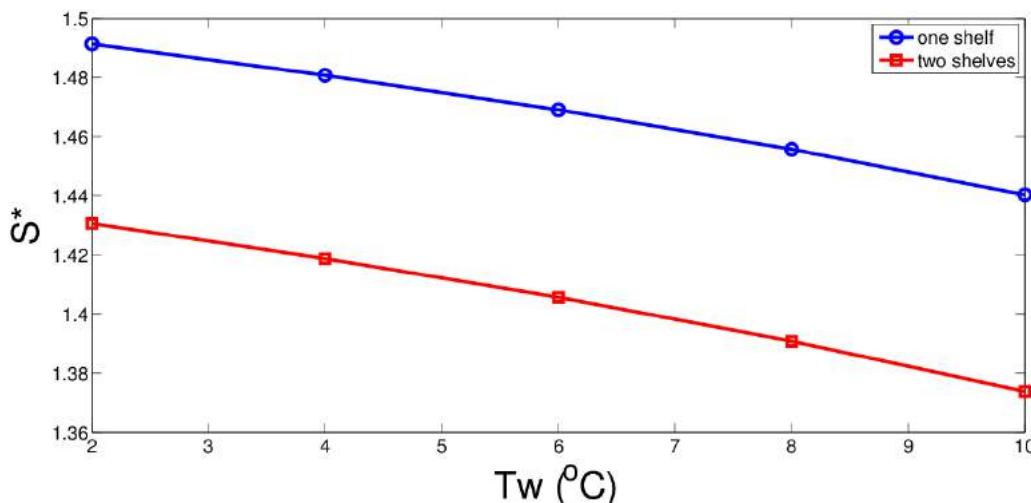


Figure 7 – Entropy generation rate versus wall temperature for the upper, mid and lower domains (two shelves)



**Figure 8 – Entropy generation rate versus wall temperature for cavity with one shelf and two shelves**

## CONCLUSION

In this study, numerical simulation of heat transfer and fluid flow in an open with various number of shelves was performed. It was observed that, adding shelves to the cavity changes the fluid flow and heat transfer characteristics. Adding one shelf produces higher heat transfer rate along the upper wall, while heat transfer rate is lowest along the bottom wall with two-shelf configuration. Entropy generation is also affected by adding shelves in the cavity.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This study is supported from TÜBİTAK under the project number 5150047 whose support is gratefully acknowledged.

## REFERENCES

- Fontana, E., da Silva, A., Mariani, V.C., Marcondes, F. (2010). The Influence of Baffles on the Natural Convection in Trapezoidal Cavities, *Numerical Heat Transfer, Part A*, 58, 125–145.
- Hajialigol, N., Fattah, A., Ahmadi, M.H., Qomi, M.E., Kakoli, E. (2015) MHD mixed convection and entropy generation in a 3-D microchannel using Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-water nanofluid, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 46, 30–42.
- Moukalled, F., Darwish, M. (2003). Natural Convection in a Partitioned Trapezoidal Cavity Heated From the



Side, *Numerical Heat Transfer, Part A*, 43, 543–563.

Mahian, O., Kianifar, A., Kleinstreuer, C., Al-Nimr, M.A., Pop, I., Sahin, A.Z., Wongwises, S. (2013) A review of entropy generation in nanofluid flow, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 65, 514–532.

Oztop, H.F., Al-Salem, K. (2012) A review on entropy generation in natural and mixed convection heat transfer for energy systems, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 911–920.

Selimefendigil, F., Oztop, H.F. (2014a). Effect of a rotating cylinder in forced convection of ferrofluid over a backward facing step, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 71, 142–148.

Selimefendigil, F.; Oztop, H.F. (2014b) Numerical study of MHD mixed convection in a nanofluid filled lid- driven square enclosure with a rotating cylinder, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 78, 741–754.

Selimefendigil, F., Oztop, H.F. (2015a). Mixed convection in a two-sided elastic walled and SiO<sub>2</sub> nanofluid filled cavity with internal heat generation: Effects of inner rotating cylinder and nanoparticle's shape, *Journal of Molecular Liquids*, 212, 509–516.

Selimefendigil, F.; Oztop, H.F. (2015b) Natural convection and entropy generation of nanofluid filled cavity having different shaped obstacles under the influence of magnetic field and internal heat generation, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 56, 42–56.



## DESIGN AND MANUFACTURE OF VERTICAL WIND TURBINE WITH MOVING BLADES

Ali Abdulhadi KHUDHIR  
Aircraft and Aerospace Engineering Department  
[Aliabdulhadieng83@gmail.com](mailto:Aliabdulhadieng83@gmail.com)

Asst.Prof.Dr. Sohayb ABDUL KARIM  
Aircraft and Aerospace Engineering Department  
[karim@gantep.edu.tr](mailto:karim@gantep.edu.tr)

### Abstract

Nowadays, sustainable and friendly produced energy is the most required by the governments from research centers. Is using wind energy by varieties of different types of turbines. It is proved as the cleanest, most reliable, supports growth and sustainability, and has no heat-trapping effect. Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT) is the type that dominating the large scale ones due to its relatively high efficiency comparing with the other type namely, Vertical Axis Wind Turbine (VAWT). However, the disadvantage of HAWT is the fact that horizontal axis which is subjected to high bending load causing relatively higher maintenance costs. Additionally, VAWT is more appropriate for installation in small-scale and in urban areas due to its capability to run under turbulent wind stream conditions. From the other side, the disadvantage of the VAWT is that it is less efficient due to the negative role for some blades running in the opposite wind direction. However, in this work, an attempt will be made to overcome of that drawback by changing the Angle Of Attack (AOA) of the vertically positioned blades. To achieve AOA-variation, a mechanism will be added, so it should allow the blade to rotate about its own axis under the effect of aerodynamics force, without any need for external power based on its rotational position relative to the free stream. An aerodynamic analysis will be made theoretically by FEM methods. In order to validate the applicability and performance improvement, a model from the composite material will be manufactured in the in-house workshop, afterward it will be tested under a different range of wind speed and various style of turbulent wind.



## EVALUATION OF NANO CLAY REINFORCED SINGLE LAP JOINT OF COMPOSITES

Ahmet Erkliğ

University of Gaziantep, Department of Mechanical Engineering  
erklig@gantep.edu.tr

Bilal Faaek Ahmed

Iraqi Ministry of Higher Education and Scientific Research, Al-Nahrain University  
Bilalfaak87@gmail.com

Omar Abdulrahman Abood Al-dulaimi

Iraqi Ministry of Education, Educational Directorate of Al-Anbar  
o\_aldulaimy@yahoo.com

**Abstract:** Adding particles to the adhesive layer in adhesively bonded joints can increase adhesive toughness and improve stress distribution in the adhesive layer. In this investigation, the influence of clay nanoparticles on the adhesion between epoxy adhesive and composite substrates was primarily investigated. Shearing characteristics of modified epoxy were studied by single lap joints. The adhesives were produced from different amounts of clay nanoparticles (1,2 and 3wt%) incorporated into epoxy. Glass fiber composite plates were chosen as adherends. The results of shear tests indicated that the adhesive joints with 2% clay nanoparticles had the maximum strength. Compared to neat epoxy, it was found that the adhesive strength is increased considerably under shear loadings.

**Keywords:** Adhesive, bonded joints, Nano clay, shear, composite.



## AN ANALYSIS OF A MANUFACTURING COMPANY TO TRANSFORM INTO INDUSTRY\_4.0 USING SYSTEMS ENGINEERING APPROACH

Prof. Dr. Mete GÜNDÖĞAN

metegundogan@ybu.edu.tr

AYBÜ Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi

Endüstri Mühendisliği Bölümü

Müh. Gizem BABAYİĞİT\*

AYBÜ Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi

Endüstri Mühendisliği Bölümü

gizemmbabayigit@gmail.com

**ABSTRACT:** Rapid changes in technology have taken the society to the brink of Industry\_4.0. It aims at digitalizing the entire production with low cost, low energy consumption and high efficiency rates. It encompasses the beginning of a business and ending with a disposal of the system. Industry\_4.0 concept is proposing the machinery and equipment to be in more intelligent communication with each other. Interfaces between human and the other elements of the system (e.g., equipment, software, facilities, data, elements of maintenance and support) are expected to be as minimum as possible. The requirements for the human factors stem from the functional analysis. Hence, operational and maintenance functions are broken down into job operations, duties, tasks, sub-tasks and task elements to support the concept. Transformation into Industry\_4.0 will change from country to country, from company to company and will require to study their current position with respect to the concept. Having such a concept identified, this article explains how a company can be analyzed and directed for the Industry\_4.0 in an interval of a future period of time. This study has been done for a manufacturing company in OSTİM which is a very well qualified regional industrial site in Ankara. Systems Engineering concepts, approaches and techniques have been used within this context. The systems engineering approach deals with complex systems as a whole, rather than looking at functions separately, and presents all the basic concepts, tools and methods necessary for analysis. In the process of transformation to Industry\_4.0, user requirements have been identified for the company with the help of Structured Systems Analysis and Design Method, SSADM. Starting from the user requirements to functional, departmental and company-wide requirements have been identified. Cost breakdown structure and its requirement of digitalization have been identified in the same way. A non-parametric analysis is also done for the identifications. At the end of all identifications, a companywide readiness level for the Industry\_4.0 has been stated including a breakdown structure down to the user requirements at the shop-floor level. A practical guide is also proposed for further studies. It could then be applied to different companies as well as industrial sites on the way of transformation into the Industry\_4.0.

**Keywords:** Manufacturing, Systems Engineering, SSADM, Industry 4.0 , Production, Economics

\*: Corresponding Author.



## 1. INTRODUCTION

The concept of the Industrial 4.0 emerged in Germany and began to gain importance in our country. In order to keep pace with the developing technology, it is important that manufacturing companies comply with Industry 4.0. In Industry 4.0, dynamic business and engineering processes enable last-minute changes to production and deliver the ability to respond flexibly to disruptions and failures on behalf of suppliers, for example. [1] Digitally developed smart machines, warehousing systems and production facilities enable end-to-end information and communication systems-based integration across the supply chain from inbound logistics to production, marketing, outbound logistics and service [2]. As the fourth industrial revolution, it has taken on the name Industry 4.0, in keeping with the way new versions or releases of software are usually designated. [3] The Industrial Internet has now been added to agenda of the majority of companies. [4]

In the transition to Industry 4.0, the existing system needs to be analyzed first. Appropriate improvements should then be made wherever necessary in the system. For this purpose, the name of a company that made production due to commercial transparency is named as ABC. ABC's business management system has been examined. In the process of transformation to Industry 4.0, user requirements have been identified for The ABC Company with the help of Structured Systems Analysis and Design Method, SSADM. It has been examined to the level of the user's requirement in order to determine the points where digitalization is necessary. Both the cost and the nonparametric values specific to this study were used in the system. Further information on the method is included in the article.

This paper is structured in seven chapters. After this introduction, chapter 2 you'll find Industry 4.0 history and basics. In chapter 3 the System and Systems Engineering is explained. Chapter 4 presents Structured System Analysis And Design Method (SSADM). In chapter 5 a brief Cost breakdown structure of company can be found . Chapter 6 presents Technology Readiness Levels (TRL). Finally, the results are discussed in chapter 7.

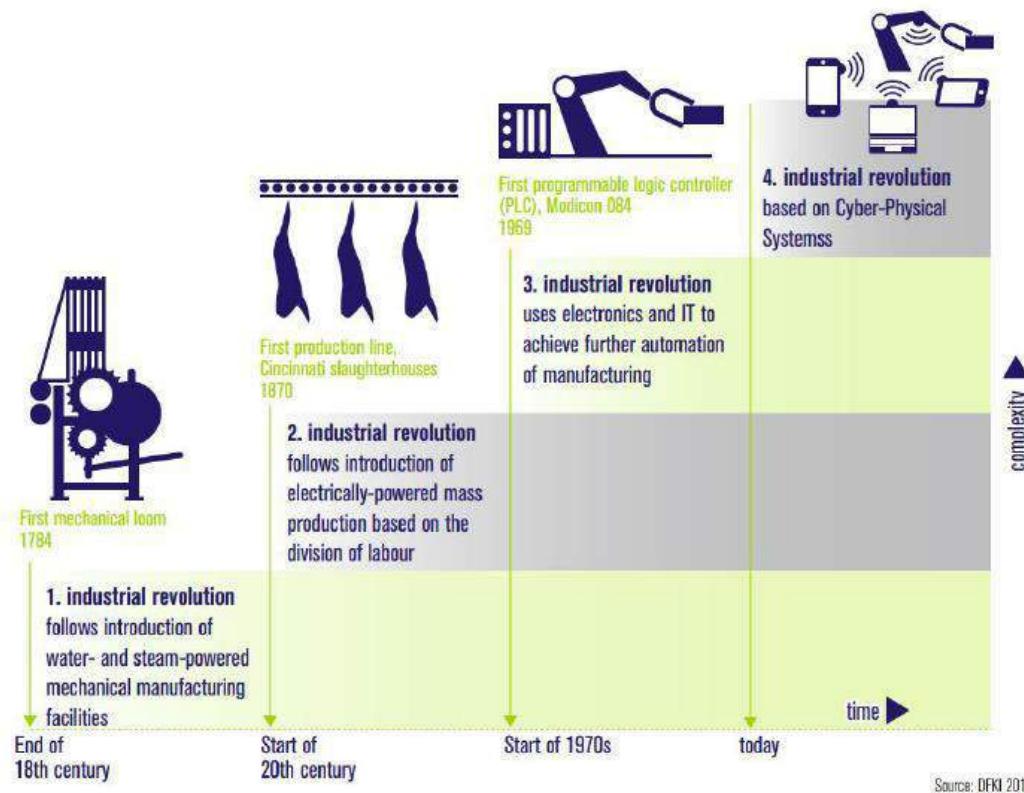
## 2. INDUSTRY 4.0

The first industrial revolution begins began at the end of the 18<sup>th</sup> century and was represented by mechanical production plants based on water and steam power; the second industrial revolution starts started at the beginning of the 20th century with the symbol of mass labor production based on electrical energy; the third industrial revolution begins began in the 1970s with the characteristic of automatic production based on electronics and internet technology; and right now, the fourth industrial revolution, namely Industry 4.0, is ongoing, with the characteristics of cyber physical systems (CPS) production, based on heterogeneous data and knowledge integration. [5]

The Industry 4.0 concept is based on developing smart chains that are based on communicating with each other means of production, products, components, plants, humans. Established in Germany, the concept of Industry 4.0, is the brainchild – its beginning reaches 2011. [6] Now, the introduction of the Internet of Things and Services into the manufacturing environment is ushering in a fourth industrial revolution. In the future, businesses will establish global networks that incorporate their machinery, warehousing systems and production facilities in the shape of Cyber-Physical Systems (CPS). [1] This is appropriate, considering that the latest industrial revolution is powered

by the Internet and Web-enabled software applications capable of processing streams of manufacturing data. [3]

Smart industry or “ INDUSTRIE 4.0” refers to the technological evolution from embedded systems to cyber-physical systems.[11] With recent developments that have resulted in higher availability and affordability of sensors, data acquisition systems and computer networks, the competitive nature of today’s industry forces more factories to move toward implementing high-tech methodologies. [7]



The Four stages of the Industrial Revolution [1]

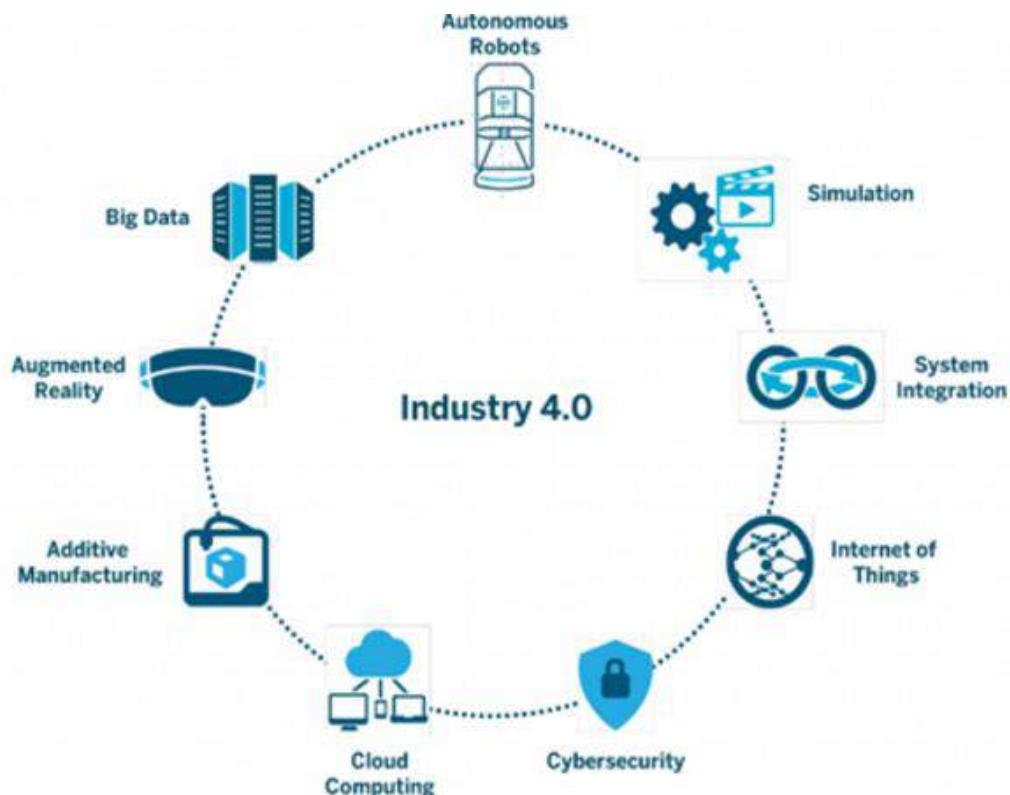
Universality in industrial applications: Internet of Things, Internet of Services, Internet of Media, big data, communications inter-machines and cyber-physical systems using interoperability, decentralization and full virtualization certainly will affect different course of many phenomena than is apparent from past experience. [8] There are 9 pillars on which Industry 4.0 rests [12]

## 2.1 Autonomous Robots

Autonomous Robots reports on the theory and applications of robotic systems capable of some degree of self- sufficiency. [38] They are becoming more autonomous, flexible, and cooperative. Eventually, they will interact with one another and work safely side by side with humans and learn from them. [9]

## 2.2 Simulation

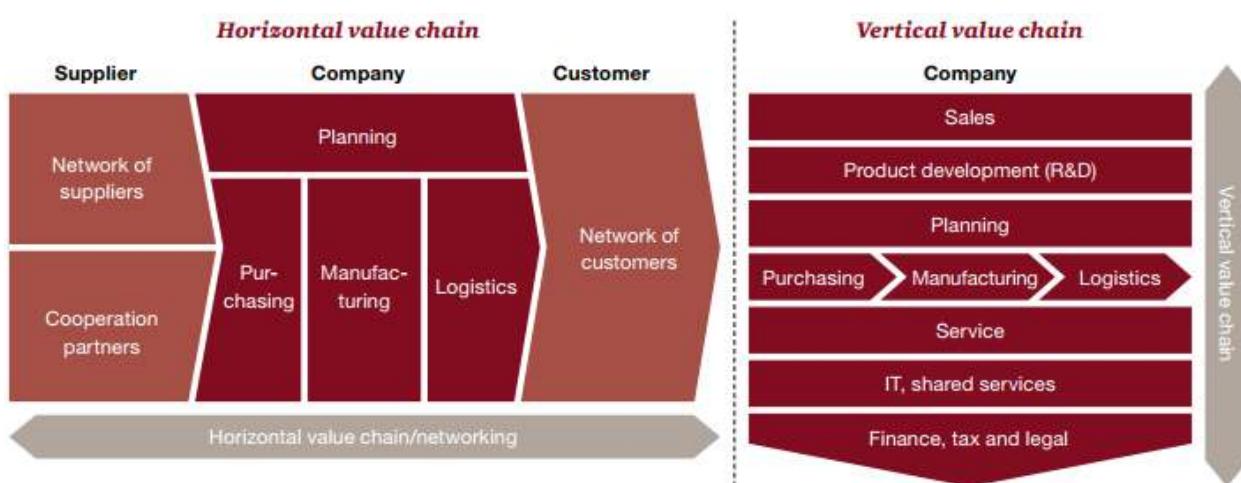
Simulations are used to mirror the physical world in virtual model, as is already used in most design processes. Through i4, future simulation will move towards smarter design to automate the “test-and-optimize” process and will be used more extensively in shipyard and ship operations. [10]



Industry 4.0 [43]

### 2.3 Horizontal and Vertical System Integration

Industry 4.0 would enable overall integration – companies, departments, functions etc. As the data would be on cloud, it will be real time and available for every department to access. [12]





## **Industry 4.0 requires comprehensive digitization of the horizontal and vertical chains [44]**

### **2.4 The Industrial Internet of Things**

The Internet of Things and Services enables to network the entire factory to form a smart environment. [13]

A relatively convincing definition of IoT focuses not only on object identification and interconnection but also on the role of communication network. [14] Industry 4.0 will bring about highly connected and digitized global industry supply chain. [36] The challenges of the Industrial Internet escalate the threat of damage from cyber-attacks that manipulate processing and workflow systems [37]

### **2.5 The Cloud**

Using shared (common) on request by computers or other devices of sets of data and computing resources (processing) on the Internet.[15] Characteristics of Cloud-based manufacturing (CBM) include networked manufacturing, scalability, agility, ubiquitous access, multi-tenancy and virtualization, big data and the IoT, everything-as-a-service (e.g., infrastructure-as-a-service, platform-as-a-service, hardware-as-a-service, and software-as-a-service), scalability, and resource pooling.[16]

### **2.6 Additive Manufacturing**

Additive manufacturing is a suite of emerging technologies that fabricates three-dimensional objects directly from digital models through an additive process, typically by depositing and “curing in place” successive layers of polymers, ceramics, or metals.[17] Additive manufacturing (AM) machines are increasingly being employed, due to their digitalization, automation, flexibility, and customization, which are also becoming a popular production system in the modern industry. [18]

### **2.7 Augmented Reality**

Augmented Reality (hereafter, AR) makes reference to the real-time perception of an environmental setting that has been enhanced by means of computer-generated virtual components. (Augmented reality: An ecological blend)

AR technology has three significant contributions: (1) the real scene and virtual 3D objects are combined together, (2) the virtual 3D objects can be occurred in the real scene by registration and (3) the virtual 3D objects can be controlled in real-time.[19]

## **3. SYSTEM AND SYSTEMS ENGINEERING**

System engineering is performed in the context of a particular organizational structure and culture, and so the discipline has always had to be attuned to and aligned with the realities of organizations and their cultures. [23]

The International Council on Systems Engineering (INCOSE) defines it as follows: [39]



Systems engineering is an interdisciplinary approach and means to enable the realization of successful systems. It focuses on defining customer needs and required functionality early in the development cycle, documenting requirements, and then proceeding with design synthesis and system validation while considering the complete problem. Systems engineering considers both the business and technical needs of all customers with the goal of providing a quality product that meets the user needs. The system engineering approach was used in this paper and The ABC Company's business management system was analyzed as a whole.

More specifically:

The systems engineering process shall: [40]

Transform approved operational needs and requirements into an integrated system design solution through concurrent consideration of all life-cycle needs (i.e., development, manufacturing, test and evaluation, deployment, operations, support, training, and disposal), and

Ensure the interoperability and integration of all operational, functional, and physical interfaces. Ensure that system definition and design reflect the requirements for all system elements to include hardware, software, facilities, people, and data, and

Characterize and manage technical risks.

Systems engineering, widely used in manufacturing and aviation, is an interdisciplinary approach to analyze, design, manage, and measure a complex system in order to improve its efficiency, reliability, productivity, quality, and safety. [24] A system is developed to accomplish a specific function, or a series of functions, with the objective of responding to some identified need. Most systems are complicated series of large numbers of expensive components. [41] The various elements of a system must be directly tied to and supportive in the accomplishment of some given mission scenario or series of scenarios [20]

The systems methodology incorporates methods, tools, procedures, processes, practices, and the skills and experience of practitioners who may be formed into teams, with leaders and managers; the whole then becomes the systems methodology. [21] An interdependent group of people, objectives, and procedures constituted to achieve defined objectives or some operational role by performing specified functions. [22]

## **FUNCTIONAL FLOW BLOCK DIAGRAMS (FFBDs)**

According to Blanchard [20], in the development of functional-flow diagrams, some degree of standardization is necessary, for the purpose of communication, in defining the system. Thus, certain basic practices and symbols should be used, whenever possible, in the physical layout of functional diagrams. Thus, certain basic practice sand symbols should be used, whenever possible, in the physical layout of functional diagrams. The following eight guidelines should help:

**Function block.** Each separate function in a functional diagram should be presented in a single box enclosed by a solid line.

**Function numbering.** Functions identified on the functional-flow diagrams at each level should be numbered in a manner that preserves the continuity of functions and provides information with respect to function origin throughout the system.

**Functional reference.** Each functional diagram should contain a reference to its next higher functional diagram through the use of a reference block.



Flow connection. Lines connecting functions should indicate only the functional flow and should not represent either a lapse in time or any intermediate activity.

Flow direction. Functional diagrams should be laid out so that the functional flow is generally from left to right, and the reverse flow, in the case of a feedback functional loop, from right to left

Summing gates. A circle should be used to depict a summing gate. As in the case of functional blocks, lines should enter and/or exit the summing gate as appropriate.

Go and no-go paths. The symbols G and G are used to indicate go and no-go paths, respectively.

Numbering procedure for changes to functional diagrams. Additions of functions to existing data should be accomplished by locating a new function in its correct position without regard to sequence of numbering

In this article, SSADM, which is a kind of (FFBDs), is used. The structured system analysis and design method (SSADM), originally launched in 1981, which consists of five modules and is the official analysis method for system development in the UK. [25] It was made the mandatory standard for central government systems analysis and design in 1983, and in 1987, in the form of version 3, it was made publicly available and non-proprietary. Version 4 SSADM was launched in 1990. [ 26] System analysis is conducted for the purpose of studying a system or its parts in order to identify its objectives. [27] In the structured methodology well defined documentation takes place. [28]

System design methods are a discipline within the software development industry which seek to provide a framework for activity and the capture, storage, transformation and dissemination of information so as to enable the economic development of computer systems that are fit for purpose. [29]

SSADM is based on the data flow diagrams. At the early stages of projecting at description of models (functional, informational and event-trigger) the top-down method is used. The advantages of SSADM are the precise definition and support of so-called “non functional requirements”. Such requirements define the level of the quality with which the system must execute its functions. [30]

In this research SSADM was used to analyze all levels of the system. Structured Systems Analysis and Design Method consist of 3 levels. These levels are; (1) Departmental, (2) functional and (3) user requirements. The first level is the level of independent departments. At this level, information and material flows across all departments, relationships with suppliers and customers are also shown. Level 2 is flow charts at functional level. The functions owned by independent departments are shown in flow diagrams, and the names of these flow diagrams are department names. The final level is the level at which user requirements are identified and shown. At the level of the user's requirement, the information and material flows are shown in detail at the bottom of the production process.

1.0 The ABC Company's Business Management System is the first level of flow charts. There are 4 independent departments in this level. These;

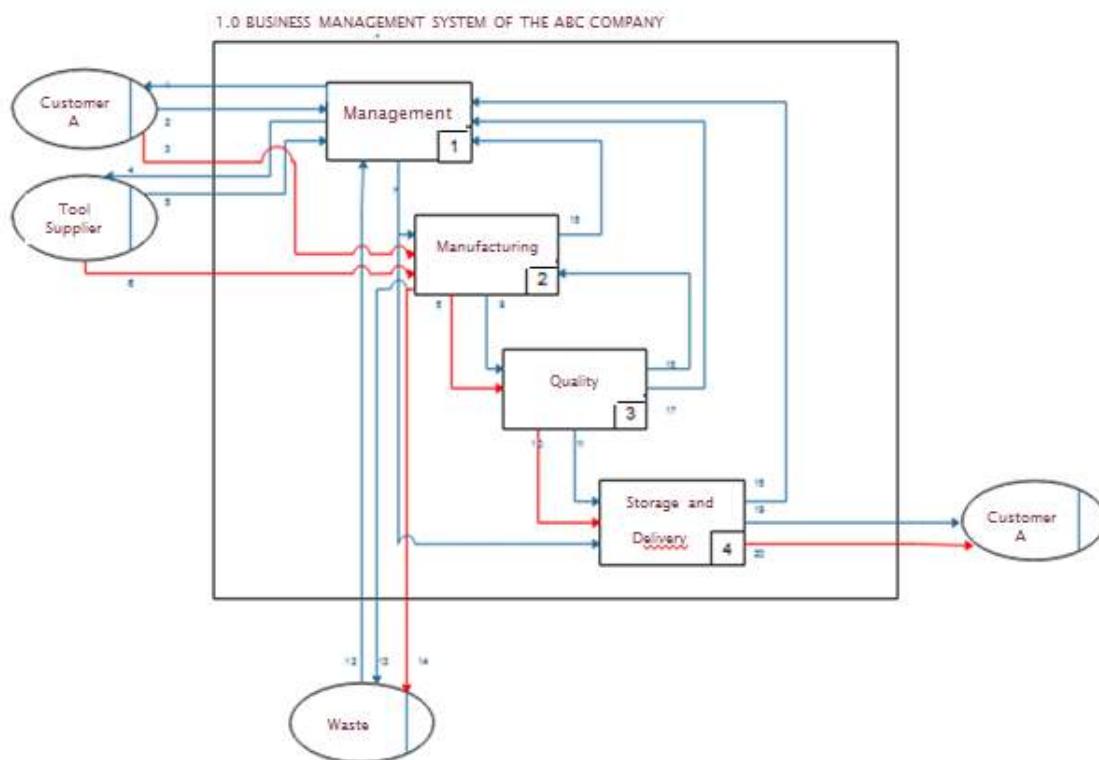
Management

Manufacturing

Quality

Storage and Delivery.

This level shows information and material flows across departments, relationships with suppliers and customers. The system begins by communicating the proposal to the customer. If the bid remains in the firm, the contract and technical drawing are sent to company. After the work order is created, it is sent to the Manufacturing with the technical drawing. The products are sent to Quality for inspection. Finally, the products come to Storage and Delivery and delivered to the Customer. At figure shown, The ABC Company is drawn the first level with SSADM. The blue lines in the flow diagram show the flow of information, and the red lines show the material flow. The numbers on the lines are written to explain the contents of the information.



## 5. COST BREAKDOWN STRUCTURE

A cost breakdown structure constitutes a vehicle for including all costs and is broken down to the depth required to provide the appropriate level of visibility for determining the costs of various functions, processes, and/or elements of the system over time . [20] Cost breakdown is the systematic process of identifying the individual elements that comprise the total cost of a good, service or package. [31] The overall purpose of the CBS is to breakdown all the associated costs for purposes of identification and control. [32] In a way, this cost breakdown structure (CBS) links objectives and activities with resources and constitutes a logical subdivision of cost by functional activity, area, major element of a system, and/or more discrete classes of common items [33] The manufacturing process cost of a part is dependent on factors such as necessary equipment and installation, required tools, the time for processing and the operating procedures [34]

This paper suggests an activity-based analysis to develop a cost structure. This analysis identifies the cost elements to be considered for The ABC Company. The cost breakdown structure is started from the user requirements, which is the third level. Every kind of cost

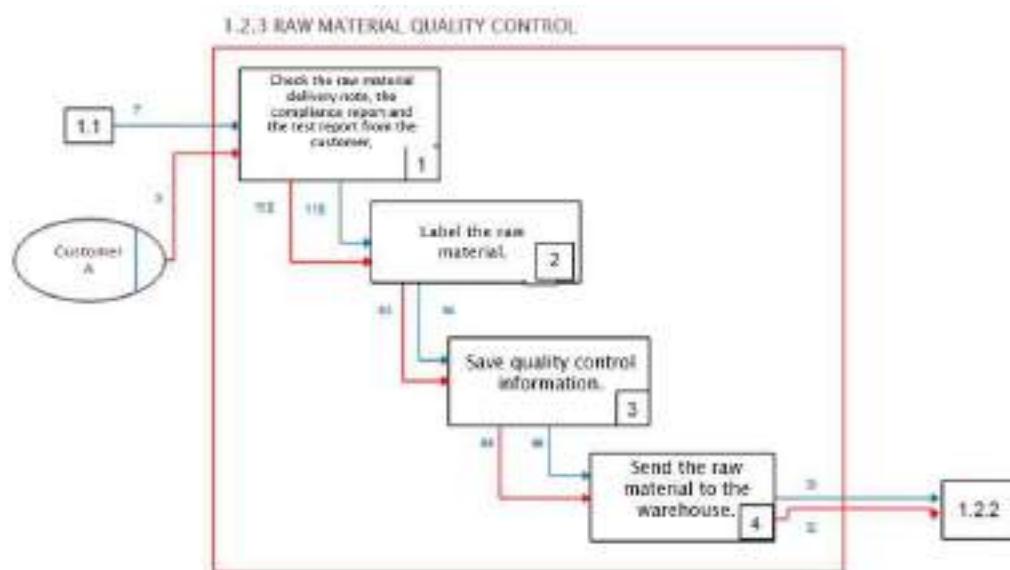
for ABC Company (such as workforce, electricity) is calculated for each activity made at this level. This calculation is done for the third level of all functions and the total cost of each function is also known as the total cost of each department. The following is an example of how to do the CBS table.

Cost Category	Time	Cost (TL)	Percent (%)
I.2.1.1 Check the raw material delivery note, the compliance report and the test report from the customer,	2	2	9,5
I.2.1.2 Label the raw material	7	2	9,5
I.2.1.3 Save quality control information.	15	13	61,9
I.2.1.4 Send the raw material to the warehouse.	5	4	19,1
<b>GRAND TOTAL (I.2.1 Raw Material Quality Control)</b>	<b>29</b>	<b>21</b>	<b>100</b>

A Cost Breakdown Structure Example (Level 3)

Cost Category	Time	Cost (TL)	Percent (%)
I.1 Management	562	689	26,9
I.2 Manufacturing	670	765	29,9
I.3 Quality	344	758	29,6
I.4 Storage and Delivery.	158	347	13,6
<b>GRAND TOTAL (I.0 The ABC Company's Business Management System )</b>	<b>1734</b>	<b>2559</b>	<b>100</b>

A Cost Breakdown Structure Example (Level 1)



User's Requirement Level (3. Level)



## 6. TECHNOLOGY READINESS LEVELS (TRL)

Technology Readiness Levels (TRL) are a type of measurement system used to assess the maturity level of a particular technology. Each technology project is evaluated against the parameters for each technology level and is then assigned a TRL rating based on the projects progress. [35]

In this paper, non-parametric analysis was performed based on Technology Readiness Levels. According to this analysis, activities performed in the third level for each function are labeled with these metrics. As a result of this labeling, ABC Company's technology preparation level has been determined. The nonparametric values are as shown below.

1	Manual	The work is done by person without using machines.
2	Semiautomatic	The work is done by person using the machine.
3	Automatic	The work is done by the machine according to the command given by the man.
4	Fully Automatic	The work is done by the machine without people order.
5	Wi-Fi	The work is done by the machine with the command given by the other machine.

## 7. CONCLUSIONS AND FUTURE STUDIES

Technology is rapidly changing and evolving day by day. The muscular power in production has already started to give a way to the brain and it's innovation capacity. It is very important for the national economies to follow this pace of global developments in their countries by urging large to small enterprises. New concepts such as internet of things, cloud, additive manufacturing with industry 4.0 have already entered corporate world where next step is touching our lives. In our research, ABC Company has been analyzed for Industry 4.0 readiness with system engineering approach. Firstly, ABC's business system was assessed by the technique of SSADM. Three levels of flow diagrams are drawn where on the other hand user requirements were determined and listed. Cost and nonparametric values of the identified user needs for ABC Company have been identified. During this study, the technologic level of the company versus their potential savings against automation through Industry 4.0 has been revealed. Recommendations around digitization have been introduced in accordance with the industry 4.0 concept with regards to jobs with a low level of technological maturity. After the digital suggestions are brought in, ABC's technologic readiness level and costs are recalculated. As a result of this study, prioritization of user needs to digitize and this digitalization was provided as options in front of the company management team. This analysis can be used as a role model in assessment of the level of technological readiness and also be utilized as a guide to preparation to ramp up technological levels for other companies manufacturing products.

## 8. REFERENCES

- [1] Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0, (April 2013), *National Academy Of Science And Engineering*, 5.



- [2] Kagermann, H., Helbig, J., Hellinger, A., & Wahlster, W. (2013). *Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the Future of German Manufacturing Industry; Final Report of the Industrie 4.0 Working Group*. Forschungsunion
- [3] Editorial: Seven Things to Know about the Internet of Things and Industry 4.0 [Editorial•]. (2015). *mmsonline.com*, p75.
- [4] Geissbauer, R., Schrauf, S., Koch, V., Kuge, S., (2014). *Industry 4.0 - Opportunities and Challenges oof the Industrial Internet*, PWC, p19.
- [5] Lukač, D. (2015, November). The fourth ICT-based industrial revolution" Industry 4.0"??? HMI and the case of CAE/CAD innovation with EPLAN P8. In Telecommunications Forum Telfor (TELFOR), 2015 23rd (pp. 835-838). IEEE.
- [6] Magruk, A.,2016. Uncertainty In The Sphere Of The Industry 4.0 – Potential Areas To Research, Business, Management and Education, 14(2): 275–29. doi:10.3846/bme.2016.332
- [7] Lee, J., Bagheri, B., Kao, H.,(2014). A Cyber-Physical Systems Architecture For Industry 4.0-Based Manufacturing Systems, Society of Manufacturing Engineers (SME), p. 1. <http://dx.doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001>
- [8] Magruk, A.,2016. Uncertainty In The Sphere Of The Industry 4.0 – Potential Areas To Research, Business, Management and Education, p. 276, 14(2): 275–29. doi:10.3846/bme.2016.332
- [9] Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries ([https://www.bcgperspectives.com/content/articles/engineered\\_products\\_project\\_business\\_industry\\_40\\_future\\_productivity\\_growth\\_manufacturing\\_industries/?chapter=2#chapter2\\_section2](https://www.bcgperspectives.com/content/articles/engineered_products_project_business_industry_40_future_productivity_growth_manufacturing_industries/?chapter=2#chapter2_section2))
- [10] Ang, H., Goh, C., Saldivar, A., Li, Y., (2017) Energy-Efficient Through-Life Smart Design, Manufacturing and Operation of Ships in an Industry 4.0 Environment, Energies.
- [11] INDUSTRIE 4.0 Smart Manufacturing for the Future, (2014), Germany Trade&Invest.
- [12] Praveena, R., (2016) Disruptive Innovation In Operations Scenario - Industry 4.0, <https://www.linkedin.com/pulse/disruptive-innovation-operations-scenario-industry-40-praveena>
- [13] Sanders, A., Elangeswaran, C., Wulfsberg, J., (2016) Industry 4.0 Implies Lean Manufacturing: Research Activities in Industry 4.0 Function as Enablers for Lean Manufacturing, Journal of Industrial Engineering and Management. <http://dx.doi.org/10.3926/jiem.1940>
- [14] Tao, F.,Wang, Y., Zuo, Y.,Yang, H., Zhang, M., (2016) Internet of Things in product life-cycle energy management, Journal of Industrial Information Integration. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jii.2016.03.001>
- [15] Stăncioiu, A., (2017). THE FOURTH INDUSTRIAL REVOLUTION „INDUSTRY 4.0”, Fiabilitate si Durabilitate - Fiability & Durability.
- [16] Thames,L., Schaefer, D., (2016). Software-Defined Cloud Manufacturing for Industry 4.0, Changeable, Agile, Reconfigurable & Virtual Production Conference 2016. doi: 10.1016/j.procir.2016.07.041
- [17] USDOE, “Advanced Manufacturing: Pursuing the Promises,” August 2012, 1.
- [18] Qina, J., Liua, Y., Grosvenor, R. (2017). A Framework of Energy Consumption Modelling for Additive Manufacturing Using Internet of Things, The 50th CIRP Conference on Manufacturing Systems. doi: 10.1016/j.procir.2017.02.036



- [19] M. Gianni, F. Ferri, F. Pirri. *ARE: Augmented Reality Environment for Mobile Robots*. Towards Autonomous Robotic Systems. Springer Berlin Heidelberg, 2013, pp. 470-483.
- [20] Blanchard, B., Blyler, J., (2016). System Engineering Management.
- [21] Hitchins, D., (2007). Systems Engineering, A 21st Century Systems Methodology.
- [22] Stuckey, C., Sarkani, S., Mazzuchi, T. (2017). Complex Acquisition Requirements Analysis.
- DOI: <https://doi.org/10.22594/dau.16-755.24.02>
- [23] Jamshidi, M., (2009). Systems Of Systems Engineering, Taylor & Francis Group, Llc.
- [24] Peaterson, A., (2014). A Systems Engineering Approach To Better, Less Expensive Health Care, Nova Science Publishers Inc, Pages 1-108.
- [25] Aggelinos, G., Katsikas, S., (2011). Enhancing SSADM With Disaster Recovery Plan Activities, Information Management&Computer Security. DOI 10.1108/09685221111173067
- [26] O'brien, S.J., Jones, D.A., (1992). Function Points In SSADM, Software QuaZity Journal 2, 1-11.
- [27] Systems Analysis and Design TUTORIAL, Tutorials Point (2015).
- [28] CHAPTER – 4 SSADM, Structured Systems Analysis and Design Method, SADSE.
- [29] Structured Systems Analysis and Design, ITC Infotech India Ltd.
- [30] <http://www.conceptdraw.com/How-To-Guide/ssadm>
- [31] Thibodeaux, W., What Is Cost Breakdown?. <http://smallbusiness.chron.com/cost-breakdown-24520.html>
- [32] <http://2020projectmanagement.com/2013/10/the-cost-breakdown-structure-cbs/>
- [33] Fabrycky, W. J., Blanchard, B. S. (1991) Life-Cycle Cost and Economic Analysis. Prentice-Hall, Inc., NJ, USA.
- [34] Swift, K., & Booker, J. (2003). Process Selection - From Design to Manufacture. Burlington: Elsevier.
- [35]
- ([https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/engineering/technology/txt\\_accordion1.html](https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/engineering/technology/txt_accordion1.html))
- [36] <https://i40.hkpc.org/CyberSec/>
- [37] Smarter Security For Manufacturing In The Industry 4.0 Era, (2016). Symantec Corporation.
- [38] <http://www.springer.com/engineering/control/journal/10514>
- [39] INCOSE-TP-2003-002-03.2.2, Systems Engineering Handbook: A Guide for System Life Cycle Processes and Activities, Version 3.2.2, (San Diego, CA: INCOSE, 2011).
- [40] Department of Defense Regulation 5000.2R. “Mandatory Procedures for Major Defense Acquisition Programs (MDAPS) and Major Automated Information Systems (MAIS) Acquisition Programs.” Chapter 5. Paragraph C5.2 (April 2002).
- [41] Frankel, E., (1984). Systems Reliability and Risk Analysis, Martinus Nijhoff Publishers,
- DOI: 10.1007/978-94-009-6920-9
- [42] Witkowski, K., (2016). Internet of Things, Big Data, Industry 4.0 – Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management, *Procedia Engineering* 182 ( 2017 ) 763 – 769. doi: 10.1016/j.proeng.2017.03.197
- [43] (<https://www.linkedin.com/pulse/disruptive-innovation-operations-scenario-industry-40-praveena>)
- [44] (<https://www.pwc.nl/en/assets/documents/pwc-industrie-4-0.pdf>)



## ELECTROMAGNETIC SHIELDING PERFORMANCE STUDY OF GRAPHENE BASED STRUCTURES

Mahmut ALTUN

Kahramanmaraş Sutcu Imam University  
eng.mahmutaltun@gmail.com

Ibrahim KARTERİ

Kahramanmaraş Sutcu Imam University  
ibrahimkarteri@gmail.com

Mahit GUNES

Kahramanmaraş Sutcu Imam University  
gunesmahit@gmail.com

**ABSTRACT:** Technological improvements, enhancement of welfare level and consequences of modern life have increased the use of electrical and electronic devices. Today, widely used computers, mobile phones, televisions, air conditioners, microwave ovens, copiers, automobiles, high voltage lines, base stations, radio and television transmitters, military defense systems, medical devices and many other electrical or electronic devices and systems intentionally or unintentionally emit electromagnetic radiation to the environment. The radiation of these devices in various frequency ranges causes to electromagnetic interference over the working efficiency of the electronic devices and also has negative effects on plants, animals and humans due to electromagnetic radiation. Scientific world has focused on the electromagnetic shielding materials to prevent electromagnetic pollution by minimizing these effects and to provide high quality and high performance of electronic systems in electromagnetic compatibility. Therefore, we have produced PVC-graphene composites in laboratory conditions which are light, strong, flexible and high performance in terms of shielding effectiveness (SE) and analyzed the electromagnetic shielding effectiveness in 8-9 GHz frequency range. Besides, it is reported that shielding effectiveness has increased with the enhancement of graphene rate in composites. The shielding effectiveness has been investigated due to absorbed and reflected wave energies. The result revealed that the dominant shielding success of PVC-graphene composites was reflection loss. The produced PVC-graphene composites contain different rates of graphene. The obtained results show that the composites containing graphene exhibited high shielding effectiveness. In addition to that, graphene has homogeneously dispersed in composites and had a good form. Considering the results, it is understood that PVC-graphene composites will be handled in electromagnetic shielding applications and systems where electromagnetic compatibility must be ensured and will have a remarkable role in electronic protection technology.

**Key words:** Electromagnetic shielding, shielding effectiveness, electromagnetic compatibility, composite, graphene.

**GRAFEN ESASLI YAPILARIN ELEKTROMANYETİK KALKANLAMA PERFORMANSI ÇALIŞMASI**



**ÖZET:** Teknolojik gelişmeler, refah düzeyindeki artış ve modern hayat şartlarının sonucu olarak elektrikli ve elektronik cihazların kullanımı artmıştır. Günümüzde oldukça yaygın kullanılan bilgisayarlar, cep telefonları, televizyonlar, klimalar, mikrodalga firınlar, fotokopi makineleri, otomobiller, yüksek gerilim hatları, baz istasyonları, radyo ve televizyon vericileri, askeri savunma sistemleri, tıbbi cihazlar ve daha pek çok elektrik-elektronik cihazlar ve sistemler çalışırken kasıtlı veya kasıtsız olarak çevreye elektromanyetik radyasyon yayarlar. Bu cihazların çeşitli frekans aralıklarındaki ışınımları elektronik cihazların çalışma verimlilikleri üzerinde bozucu etki oluşturdukları gibi elektromanyetik radyasyon yaymaları sebebiyle bitkiler, hayvanlar ve insanlar üzerinde de olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Bu etkileri minimize ederek elektromanyetik çevre kirliliğini önlemek ve elektronik sistemlerin elektromanyetik uyumluluk içinde kaliteli ve yüksek performansta çalışmalarını sağlamak amacıyla bilim dünyası elektromanyetik kalkanlama malzemelerine yönelmiştir. Bu amaçla bu çalışmada laboratuvar ortamında ürettiğimiz hafif, sağlam, esnek ve yüksek performanslı kalkanlama etkinliği (KE) gösteren PVC-grafen kompozitlerinin elektromanyetik kalkanlama etkinliği (EKE) değerleri 8-9 GHz frekans aralığında analiz edilerek kalkanlama başarısı incelenmiştir ve kalkanlama malzemesindeki grafen oranının artışına bağlı olarak elektromanyetik kalkanlama etkinliğinin arttığı raporlanmıştır. Kalkanlama etkinliği, yutulan ve yansıtılan dalga enerjilerine bağlı olarak araştırılmıştır. Kalkanlama başarısının baskın olarak yutulma kayipları sayesinde gerçekleştiği görülmüştür. Ürettiğimiz PVC-grafen kompozitleri farklı oranlarda grafen içermektedir. Elde edilen sonuçlar grafen içeren kompozitlerin yüksek kalkanlama etkinliği sergilediğini ortaya koymuştur. Ayrıca grafen, kompozitlerde homojen bir dağılım sergileyerek iyi bir form oluşturmuştur. Sonuçlar göz önüne alındığında PVC-grafen kompozitlerinin elektromanyetik kalkanlama uygulamalarında ve elektromanyetik uyumluluğun sağlanması gereken sistemlerde yerini alacağı ve elektronik koruma teknolojisinde başarılı bir rol üstleneceği anlaşılmaktadır.

**Anahtar sözcükler:** Elektromanyetik kalkanlama, kalkanlama etkinliği, elektromanyetik uyumluluk, kompozit, grafen.



## DEVELOPMENT OF REMOTE CONTROLLABLE POWER STRIP FOR HOME ENERGY MANAGEMENT THROUGH WEB-SERVICES

Aymen Husam ALADHAMİ

aymen.aladhami@yahoo.com

University of Gaziantep, Dept. of Electrical Electronics Eng. , Gaziantep Turkey

Ergun ERÇELEBİ

ergun.ercelebi@gmail.com

University of Gaziantep, Dept. of Electrical Electronics Eng. , Gaziantep Turkey

### Abstract

In the paper, we have presented development of power strip for management of home power to reduce standby power consumption. The developed power strip integrates many hardware components as AC power socket, XBee module have been used to make communications between central control unit and power strip. Raspberry pi card configured to play the role as a web server and coordinator to switch ON/OFF strip power and measure power consumption of plugged home appliances that collected from power sensor using XBee module. Also, software has been developed using HTML, PHP, Javascript and Phyton to design web page as platform compatible with any internet browser in any smart phone or personal computer. However, our development requires static IP number. We have evaluated in our design under different conditions. We have found the results are satisfactory.

**Key words:** power strip, Xbee, Rapberry Pi, web server.

### INTRODUCTION

Technology has become an integrated part of people's lives and the internet has become a common interface that many devices use for simplify the daily life of people (Pavithra & Balakrishnan, 2015). Access to the Internet is very easy through smart phones and tablets. Smart power strip developed to provide technical solution to meet the comfort needs and energy management (HAN, LEE, & PARK, 2009).

Remote controllable and energy saving room architecture for periodically monitor the power consumption via ZigBee controller with IR code learning functionality, user can control the power outlet and the dimming light. With the advent of mobile phones containing techniques including Bluetooth as well Short Message Service (SMS), Allow to implement home power management, and develop controllable power socket based on microcontroller (LIEN, BAI, & LIN, 2007).

In the same context it was developed platform of smart homes to customize java-based application development platform (JADP) in mobile phone as a result it could be more flexible remote debugger and easy to develop (Chen & Chen, 2008) .

Energy management system (EMU) developed based on Wireless Sensor Network (WSN) using XBee-pro ZigBee, Arduino Uno microcontroller and current sensor (ACS712) for control energy consumption and monitor the system in real-time using NILABVIEW



software, ThingSpeak Website used as Cloud for storing and display sensor data (Abo-Zahhad & Ali, 2015).

The main contribution of this paper is to implement an electronic card which can control household equipment such as television, light and etc., through the internet under any operating system environment.

The platform consists of develop programs that allow communication between a remote user and household network.

User can remotely unplug household devices when they are not being used. Wherefore we have developed Remote controllable power strip based on XBee wireless module and minicomputer (Raspberry pi) to allow homeowners to control and monitor power usage of home appliances.

## System Architecture

Generally smart power strip architecture consists of three main components (Lamine & Abid, 2014): Central Control Unit, power socket and Communication protocol.

Central Control Unit is the gateway between user and power strip, our development based on Raspberry Pi3 card. The power socket provides the interface between the developed home energy management and the non-smart load appliances in real time. The power socket is designed to provide remote control of non-smart loads thus providing a practical solution to interface the loads with the developed system and schedule on/off status of selected loads. The power socket is responsible for collecting data about the environment around it and sending that data to processor in the network which is measure the power consumption of the different loads and transfer it to the Central Control Unit. Communication protocol; there are many Smart Home Communication Technologies in the market most popular is (X10, Z-Wave, ZigBee, INSTONE, EnOcean) (Withanage & Otto, 2014). The most relevant communication technologies used in smart home systems ZigBee protocol.

## Raspberry pi

We used Raspberry Pi3 shown in figure 1. that contains built in 802.11n Wireless LAN that get more flexible and movable anywhere user want to put it, In our development Raspberry Pi will be mediator between user and power strip that connect to home appliances, the Raspberry Pi is used as the gateway which communicates to personal computer or smartphone using http protocol.



**Figure 1: Central Control Unit using Raspberry Pi-3**

### Web server

Raspberry Pi can be connected to the Router and Internet through wireless LAN and Rj45.

One of its configuration Features is to work as a web-server. There are many alternative web servers that may be installing on the raspberry Pi, like Apache and NGINX (raspberrypi, 2017). Apache is a popular web server application the user can install on the Raspberry Pi to allow it to serve web pages.

Apache can serve HTML files over HTTP and with additional modules can serve dynamic web pages using scripting languages such as PHP.

There are a new breed tools that reach programming languages like python, JavaScript and Cascading Style Sheets (CSS) to make web server dynamically generate the hypertext markup language. Web page consists of three main components: First is buttons for turn ON/OFF that programmed using JavaScript that call PHP code for calling python script that send digital signals over ZigBee technology to the node. The second component is label text. It is also developed based on Java-PHP which is able to get data stream without any reload page from the database. The Chart is the third component the in web page, Interactive JavaScript charts (highcharts) provides many types of charts and has many advantages, dynamic chart (Spline updating each second) has been used, fetching sensor data that stored in the database with date and time at the moment of reading.

### Database

Install MySQL-server database and then the php5-mysql install adds the MySQL libraries to allow PHP to access the MySQL database.

The database that we created include one table and five Columns:

**Id:** AUTO\_INCREMENT attribute can be used to generate a unique identity for new rows.

**Current date:** date and time at the sensing moment.

**Current data:** sensing value after making mathematical processing to get Electric current.

**Power data:** Electric power in Watt.

**Status:** There are four status cases, status column It contain one of these values (0,1,2,3) as below:



Status = 0: ZigBee Not connected.  
Status = 1: No data or Power strip if off.  
Status = 2: error data received.  
Status = 3: Power strip is ON.

### XBee module

The advantages of this module is too small size as a coin and with low power usage. The XBee module communication concepts have either point-to-point or star communication concept. [11]

In addition, it is compatible with many minicomputers and boards, Since a USB port feasible with XBee, there are 11 digital I/O pins and 4 analog input pins in ZigBee. The XBee is linked to Raspberry Pi via USB working in coordinator mode and the other XBee is the End point mode. The pin-20- (DIO0) is set as digital output to control relay to turn ON/OFF, Pin-19- (AD0) is set to work as analog to digital converter which is connected to current sensor (ACS712) and convert the voltage (analog data) coming from V-out of sensor and send it to coordinator as a stream of digital data every 0.5 second.

### Power strip hardware

The most important features of the power outlet development is to be simple and uncomplicated. It affects the cost, power consumption and easy to understand.

The transformer steps down the main voltage from 220 V AC to 5 V DC to provide voltage to the electromechanical relay and current sensor. The 5 V to 3.3 V is to provide XBee wireless module with power.

Additionally, the current sensor signal output is connected to the XBee pin-19- (AD1). The analog to digital converter (ADC) of each XBee module has a resolution conversion of 10 bit.

Hall-Effect-Based Linear Current Sensor type ACS712  $\pm 5$  A is used and the output is connected to an operational amplifier (op-amp) based signal conditioning circuit so as to read the required analog values to the pins of the analog input of the XBee module (sparkfun, 2017). The (op-amp) IC circuit is used for the conversion from AC to root mean square (RMS) signal and to shift ACS712 sensor zero current from 2.5 V to 0 V . Since the XBee has a built in 10-bits analog-to-digital converter ADC; therefore 10 bits = 1024 steps (0–1023). So the step size using XBee s1 Vref = (3.3 V) then the equation will be  $(3.3V/1024 = 3.223 \text{ mV/step})$  (Ahmed & Ali, 2017).

ACS712  $\pm 5$  A 185 mV/A output sensitivity, 100 mV/A for  $\pm 20$  A, and 66 mV/A for  $\pm 30$  A, sensor Vout data range between 1.5-3.5 V as the datasheet.

So the form of the equation will be: Current =  $((3.3 / 1024) * (Vout)) / (0.185 * 2)$ .

### Hardware implementation and experiment

The implementation of this work starts with selecting the operating system that we prefer. In this project we have selected raspbian operating system. Now, we have to boot the operating system that we have selected with the necessary configurations. The various configurations which can be done are such as changing the password for default user, the configuration settings are done according to the users need.

After the configuration settings are done, the python program is to be typed in the leaf pad. Leaf pad is created by file manager->right click->create->blank file->enter a file name.py-> click ok.

Next the program is saved. A web page is designed and PHP Script written in leaf pad also and saved as index.php. The first ZigBee configured to work as coordinator linked with

Raspberry Pi, The second XBee configured to work as Endnode. The (op-amp) IC circuit connected to current sensor and the output of circuit connected to XBee shown in figure 2. Raspberry Pi is connected to the internet through the Router, and Router configured to forward port 80 to Raspberry Pi to work as web server. We accessed to main web page of power strip through Smart phone shown in figure 3. Using IP address. The various devices like Lights ON/OFF can be controlled shown in figure 4. 70 W and 40 W bulbs are plug in power strip separately. Directly power data appear in web page.

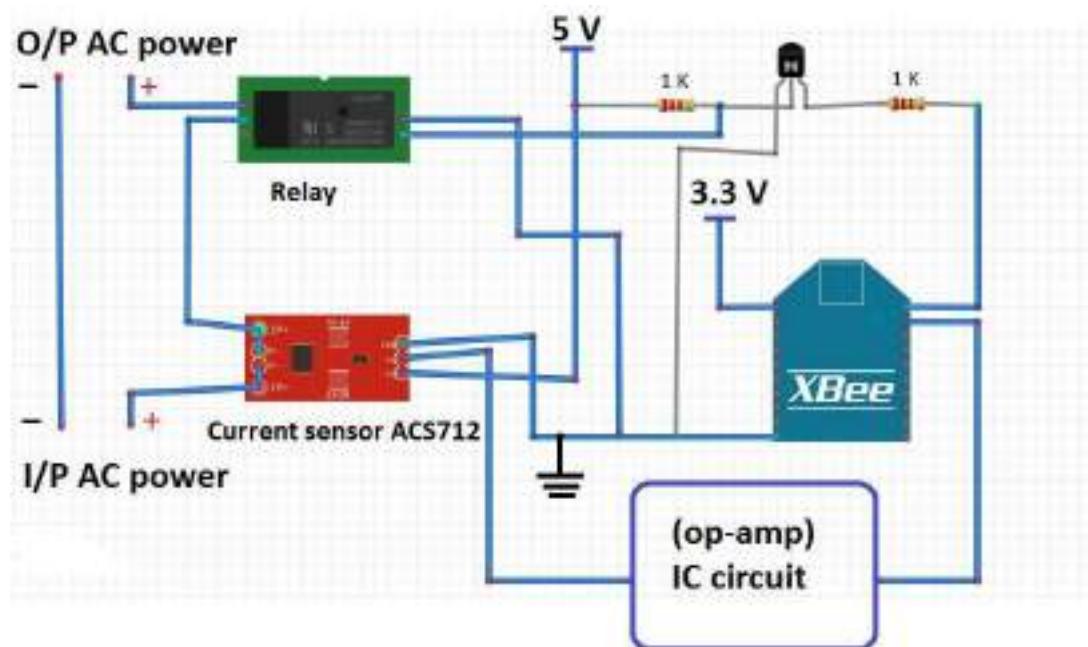


Figure 2: Circuit diagram

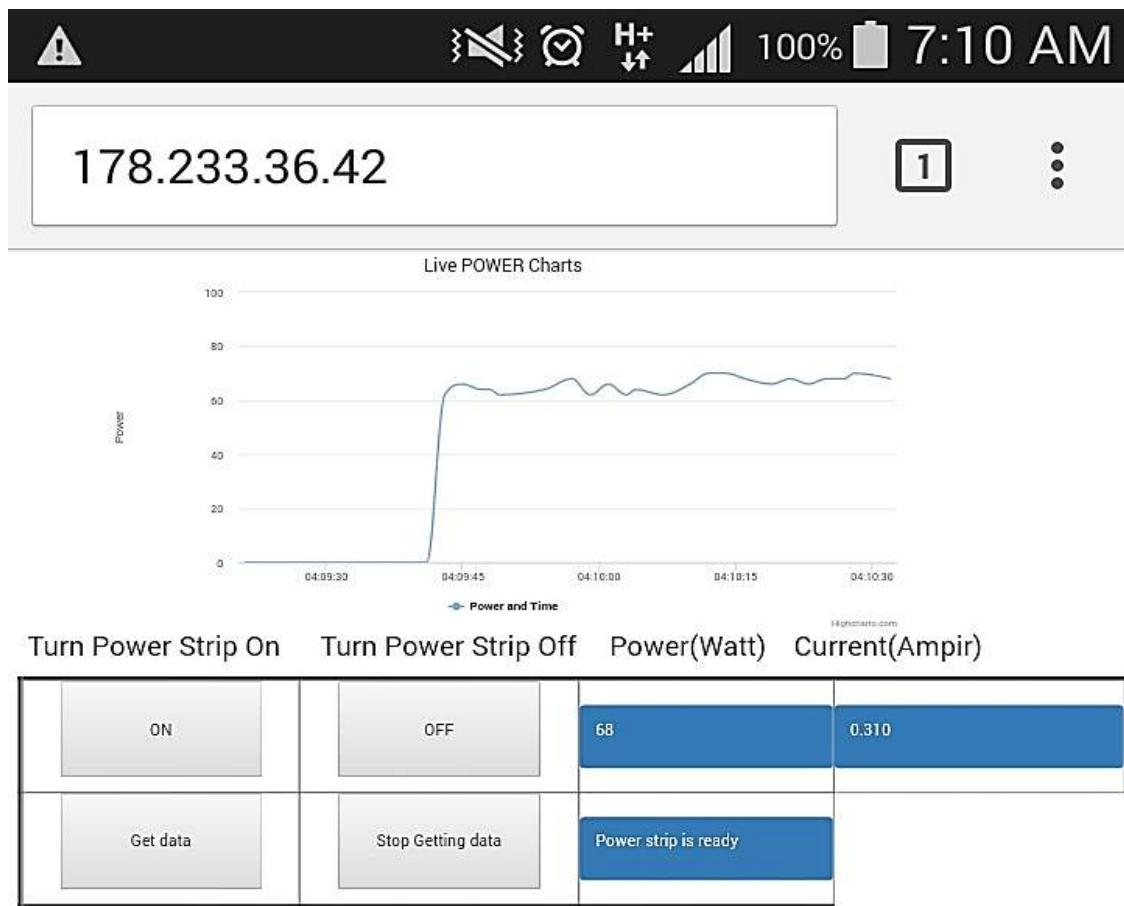


Figure 3: Power strip web-page



Figure 4: Controlling the bulb by using tablet

## CONCLUSION AND FUTURE APPLICATIONS



In this paper, we have presented our development for wireless power strip to remote control and current sensing in order to manage home appliances. We developed the power strip along with a cost effective using minicomputer (raspberry pi) and ZigBee communication protocol. The raspberry Pi is configured to work as web-server and different Languages used to design a web-page as a platform for monitoring and controlling. The main advantage of our proposed work is to make the home owners able to manage home appliances remotely anywhere and anytime over the internet. It had been developed to be scalable to add more nodes and can add different sensors as required. So that, a part of our future work is to develop the system to adapt with different places hospitals, hotels, banks, etc.

## REFERENCES

- Abo-Zahhad, M. A., & Ali, A. (2015). Design and implementation of building energy monitoring and management system based on wireless sensor networks. In *Computer Engineering & Systems (ICCES), 2015 Tenth International Conference on*, (pp. 230-233).
- Chen, J. F., & Chen, T. (2008). A java development platform in mobile system for smart home. In *Future Generation Communication and Networking, 2008. FGCN'08. Second International Conference on*, (Vol. 2, pp. 226-229).
- HAN, J., LEE, H., & PARK, K.-R. (2009). Remote-controllable and energy-saving room architecture based on ZigBee communication. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 55(1).
- Lamine, H., & Abid, H. (2014). Remote control of a domestic equipment from an Android application based on Raspberry pi card. In *Sciences and Techniques of Automatic Control and Computer Engineering (STA), 2014 15th International Conference on*, (pp. 903-908).
- LIEN, C.-H., BAI, Y.-W., & LIN, M.-B. (2007). Remote-controllable power outlet system for home power management. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 53(4).
- Pavithra, D., & Balakrishnan, R. (2015). IoT based monitoring and control system for home automation. *Communication Technologies (GCCT), 2015 Global Conference on*, (pp. 169-173).
- Withanage, C. A., & Otto, K. (2014). A comparison of the popular home automation technologies. In *Innovative Smart Grid Technologies-Asia (ISGT Asia), 2014 IEEE*, (pp. 600-605).



## ASİMETRİK GEZGIN SATICI PROBLEMİNİN GENETİK ALGORİTMAYA YARDIMIYLA ÇÖZÜMÜ

Mahmut Sami TERZİ

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya, Türkiye  
msterzi@gmail.com

Hasan HACİBEYOĞLU

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya, Türkiye  
hacibeyhasan@gmail.com

Şaban GÜLCÜ

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya, Türkiye  
sgulcu@konya.edu.tr

**ÖZET:** Asimetrik gezgin satıcı problemi; başlangıç ve bitiş şehirleri aynı olan, iki şehir arasındaki gidiş ile dönüş yol uzunluğu birbirinden farklı olan ve her bir şehrin sadece bir kez ziyaret edildiği en kısa mesafeli turun bulunması olarak tanımlanabilir. Asimetrik gezgin satıcı probleminin günümüzde yol planı (kargo şirketleri, hava yolu şirketleri vb.), baskı devre kartları, iş planı oluşturma gibi birçok sektörde kullanım alanları mevcuttur. Asimetrik gezgin satıcı probleminde en iyi sonuca ulaşmanın temel yolu problemde ele alınan her şehir için tüm şehirleri içine alan rotaları sıralayarak mümkün olan her güzergâhin toplam yol uzunluklarını bulmaktadır. Fakat şehir sayısı arttıkça olası bütün güzergâhları bulmak zorlaşmaktadır ve bu problem bilgisayarlar tarafından kısa sürede çözülememektedir. Bu sebeple, en iyi çözümü veya en iyiye yakın çözümleri kısa sürede bulan sezgisel yöntemler bu problemin çözümünde kullanılmaktadır. Bu çalışmada, bir sezgisel yöntem olan Genetik Algoritma ve Permütasyon Kodlama ile asimetrik gezgin satıcı problemini çözen bir uygulama geliştirilmiştir. Deneyler, literatürde sıkılıkla kullanılan 5 adet kriyaslama problemi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Algoritmanın başarısını ölçmek için uygulama her bir problemde 30 kez tekrarlanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, algoritmanın kararlı olduğu ve bilinen en iyi sonuçlara yakın değerler ürettiği gözlemlenmiştir.

**Anahtar sözcükler:** asimetrik gezgin satıcı problemi, genetik algoritma, gezgin satıcı problemi, rota planlama.



## INVESTIGATION OF REMOVAL OF TETRACYCLINE FROM AQUEOUS SOLUTION BY *Lemna gibba L.*

Murat TOPAL

Munzur University, Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering  
murattopal@munzur.edu.tr

Gülşad USLU ŞENEL

Fırat University, Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering  
guslu@firat.edu.tr

Erdal ÖBEK

Fırat University, Faculty of Engineering, Department of Bioengineering  
eobek@firat.edu.tr

E. İşıl ARSLAN TOPAL

Fırat University, Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering  
eiarlan@firat.edu.tr

**ABSTRACT:** In this study, tetracycline (TC) removal from the aqueous solutions by *Lemna gibba L.* collected from the natural environment was investigated at laboratory conditions. For this aim, *Lemna gibba L.* plants were placed in glass reactors. Tetracycline solutions at various concentrations (50, 100 and 300 µg/L) were separately added to each reactor. Then, tetracycline removals by *Lemna gibba L.* were determined for various hydraulic retention times. The reactors with *Lemna gibba L.* were used as planted reactors and the reactors without *Lemna gibba L.* were used as control reactors. The highest and the lowest TC removal efficiencies in the planted reactor with initial TC concentration of 50 µg/L were 99.8+4.1% for day 10 and 61+3.0% for second hour, respectively. The highest and the lowest decreases in the control reactor with initial TC concentration of 50 µg/L were 73.8+3.7% and 7.8+0.3%, respectively. The highest and the lowest TC removal efficiencies in the planted reactor with initial TC concentration of 100 µg/L were %99.9+4.9 and %61.9+3.0 respectively. The highest and the lowest decreases in the control reactor with initial TC concentration of 100 µg/L were determined as %73.8+3.7 and %7.8+0.3, respectively. The highest and the lowest TC removal efficiencies in the planted reactor with initial TC concentration of 300 µg/L were determined as %99+4.9 and %55.3+2.70, respectively. The highest and the lowest decreases in the control reactor with initial TC concentration of 300 µg/L were %78.7+3.9 and %8.7+0.4, respectively. As a result, it was determined that TC removal efficiency by *Lemna gibba L.* increased by the increase of the initial TC concentration.

**Key words:** *Lemna gibba L.*, tetracycline, removal, aqueous solution.

## *Lemna gibba L.* İLE SULU ÇÖZELTİLERDEN TETRASİKLİN GİDERİMİNİN ARAŞTIRILMASI

**ÖZET:** Bu çalışmada, laboratuvar şartları altında doğal ortamdan toplanan *Lemna gibba L.* bitkisi ile sulu çözeltilerden tetrasiklin (TC) giderimi araştırıldı. Bu amaçla, *Lemna*



gibba L. bitkileri cam reaktörlere yerleştirildi. Her bir reaktöre ayrı ayrı farklı konsantrasyonlarda (50, 100 ve 300 µg/L) tetrasiklin çözeltileri eklendi. Daha sonra Lemna gibba L. ile tetrasiklin giderimleri farklı hidrolik bekletme sürelerine göre belirlendi. Lemna gibba L. içeren reaktörler bitkili reaktörler olarak, içermeyen reaktörler kontrol reaktörleri olarak kullanıldı. Başlangıç TC konsantrasyonu 50 µg/L olan bitkili reaktörde en yüksek ve en düşük TC giderim verimleri sırasıyla 10. günde %99,8+4,1 ve 2. saatte %61+3,0 olarak gerçekleşti. Başlangıç TC konsantrasyonu 50 µg/L olan kontrol reaktöründe ise en yüksek ve en düşük azalmalar sırasıyla %73,8+3,7 ve %7,8+0,3 olarak gerçekleşti. Başlangıç TC konsantrasyonu 100 µg/L olan bitkili reaktörde en yüksek ve en düşük TC giderim verimleri sırasıyla %99,9+4,9 ve %61,9+3,0 olarak gerçekleşti. Başlangıç TC konsantrasyonu 100 µg/L olan kontrol reaktöründe ise en yüksek ve en düşük azalmalar sırasıyla %76,6+3,8 ve %8,1+0,4 olarak tespit edildi. Başlangıç TC konsantrasyonu 300 µg/L olan bitkili reaktörde en yüksek ve en düşük TC giderim verimleri sırasıyla %99+4,9 ve %55,3+2,70 olarak belirlendi. Başlangıç TC konsantrasyonu 300 µg/L olan kontrol reaktöründe ise en yüksek ve en düşük azalmalar sırasıyla %78,7+3,9 ve %8,7+0,4 olarak gerçekleşti. Sonuç olarak, başlangıç TC konsantrasyonunun artmasıyla birlikte Lemna gibba L. tarafından giderilen TC giderim veriminin de arttığı belirlendi.

**Anahtar sözcükler:** *Lemna gibba* L., tetrasiklin, giderim, sulu çözelti.



## INVESTIGATION OF Pb AND Ni CONCENTRATIONS IN DOWNSTREAM OF UZUNÇAYIR DAM LAKE (TUNCELİ)

Murat TOPAL

Munzur University, Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering  
muratopal@munzur.edu.tr

E. İşıl ARSLAN TOPAL

Fırat University, Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering  
eiarlsan@firat.edu.tr

**ABSTRACT:** In this study, concentrations of lead (Pb) and nickel (Ni) those stated in the scope of the Surface Water Quality Regulation (SWQR) as priority substances in Munzur River which is one of the important water resources of Tunceli city. In this context, surface water samples from downstream of Uzunçayır Dam Lake constructed in Munzur river were taken in spring and summer months in year 2016. Then Pb and Ni analysis were done by ICP-MS. Samples were taken three times in a month during the spring and summer months. The highest Pb concentration in spring season was determined as 2.12 µg/L in March and lowest Pb concentration was determined as 1.71 µg/L in May. In summer season, the highest Pb concentration was determined as 0.94 µg/L in August and the lowest Pb concentration was determined as 0.66 µg/L in July. The highest Ni concentrations were seen in summer season. The highest Ni concentration in spring season was determined as 4.11 µg/L in April while the lowest Ni concentration was determined as 3.85 µg/L in April and May. The highest Ni concentration in summer season was 7.15 µg/L in July and lowest Ni concentration was 6.45 µg/L in July. As a result, Pb and Ni concentrations of downstream of Uzunçayır Dam Lake were below 14 and 34 µg/L, respectively when compared with SWQR.

**Key words:** surface water, legislation, heavy metals, water quality

## UZUNÇAYIR BARAJ GÖLÜ (TUNCELİ) MANSAP TARAFINDA Pb VE Ni KONSANTRASYONLARININ ARAŞTIRILMASI

**ÖZET:** Bu çalışmada, Tunceli ilinin önemli su kaynaklarından birisi olan Munzur nehrinde yerüstü su kalitesi yönetmeliği kapsamında belirtilen öncelikli maddelerden kurşun ve nikel konsantrasyonları araştırılmıştır. Bu çerçevede, Munzur nehri üzerine kurulmuş olan Uzunçayır Baraj gölü mansap tarafından yerüstü su örnekleri 2016 yılında İlkbahar ve yaz aylarında alındı ve kurşun ve nikel analizleri ICP-MS ile analizlendi. Ayda 3 kez olmak üzere toplamda 18 adet numune İlkbahar ve Yaz aylarında alındı ve analiz sonuçlarına göre en yüksek Pb konsantrasyonlarının İlkbahar mevsiminde Mart ayında 2.12 µg/L olarak, en düşük Pb konsantrasyonu ise Mayıs ayında 1.71 µg/L olarak tespit edildi. Yaz mevsiminde en yüksek Pb konsantrasyonu Ağustos ayında 0.94 µg/L olarak, en düşük Pb konsantrasyonu ise Temmuz ayında 0.66 µg/L olarak tespit edildi. Nikel konsantrasyonları incelendiğinde en yüksek Nikel konsantrasyonlarının yaz mevsiminde gerçekleştiği belirlendi. İlkbahar mevsiminde en yüksek Ni konsantrasyonu Nisan ayında 4.11 µg/L olarak, en düşük Ni konsantrasyonu Nisan ve Mayıs aylarında 3.85 µg/L olarak



tespit edildi. Yaz mevsiminde ise en yüksek Ni konsantrasyonu Temmuz ayında  $7.15 \mu\text{g/L}$  olarak, en düşük Ni konsantrasyonu ise Temmuz ayında  $6.45 \mu\text{g/L}$  olarak belirlendi. Sonuç olarak, Uzunçayır Baraj Gölü mansap tarafında Pb ve Ni konsantrasyonları Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği standartlarıyla karşılaştırıldığında Pb için  $14 \mu\text{g/L}$ 'den Ni için  $34 \mu\text{g/L}$ 'den küçük değerler aldığı belirlenmiştir.

**Anahtar sözcükler:** yüzeysel su, yönetmelik, ağır metal, su kalitesi



## DETERMINATION OF TETRACYCLINE AND DEGRADATION PRODUCTS IN THE WASTEWATER SAMPLES SPE APPLIED AND UNAPPLIED

Murat TOPAL

Munzur University, Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering  
murattopal@munzur.edu.tr

Gülşad USLU ŞENEL

Fırat University, Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering  
guslu@firat.edu.tr

Erdal ÖBEK

Fırat University, Faculty of Engineering, Department of Bioengineering  
eobek@firat.edu.tr

E. İşıl ARSLAN TOPAL

Fırat University, Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering  
eiarlan@firat.edu.tr

**ABSTRACT:** Tetracyclines (TCs) are broad spectrum antibiotics used for the treatment of many aerobic gram positive and gram negative bacterial infections since the 1950s. Tetracycline (TC) consists of a four ringed structure partly incorporated with a carboxyamide functional group. TC could be degraded under various environments. Degradation products of TC consist of 4-epitetracycline (ETC), anhydrotetracycline (ATC) and 4-epianhydrotetracycline (EATC). TCs reach to sewage via excretion and feces and then to wastewater treatment plants from there. Then, they are discharged from wastewater treatment plants to receiving environments almost without change. TCs can negatively effect many livings in the receiving environments. In this context, in our study, determination of TC and degradation products was aimed by applying and unapplying solid phase extraction (SPE) in the wastewater samples taken from effluents of a municipal wastewater treatment plant and also the differences between the obtained chromatograms and peaks were investigated. Oasis HLB and Oasis MAX cartridges were used in SPE technique. The cartridges were passed from conditioning, loading, washing and eluting stages and the elutes obtained were analyzed by LC-MS/MS. The peaks in the chromatograms which TC and degradation products were determined from the wastewater samples without SPE technique were relatively complicated and more than one while the peak was clear and only one obtained from the wastewater samples with SPE technique.

**Key words:** wastewater, tetracycline, solid phase extraction, LC-MS/MS

## KATI FAZ EKSTRAKSİYONU (SPE) UYGULANMIŞ VE UYGULANMAMIŞ ATIKSU ÖRNEKLERİNDE TETRASİKLİN VE PARÇALANMA ÜRÜNLERİNİN TESPİTİ

**ÖZET:** Tetrasiklinler (TC'ler), 1950'li yillardan bu yana birçok aerobik gram pozitif ve gram negatif bakteri enfeksiyonlarının tedavisinde kullanılan geniş spektrumlu



antibiyotiklerdir. TC, bir karboksiamid fonksiyonel grupla kısmen birleşmiş 4 halkalı bir yapıdan oluşmaktadır. TC farklı ortamlarda parçalanabilmektedir. TC'nin parçalanma ürünleri 4-epitetrasiklin (ETC), anhidrotetrasiklin (ATC) ve 4-epianhidrotetrasiklinden (EATC) oluşmaktadır. Tetrasiklinler, idrar ve dışkı yoluyla kanalizasyona ve oradan da atıksu arıtma tesisine ulaşırlar ve hemen hemen hiç değişmeden atıksu arıtma tesislerinden alıcı ortama deşarj edilirler. TC'ler alıcı ortamda bir çok canlıya olumsuz etki yapabilirler. Bu kapsamında, çalışmamızda, bir evsel atıksu arıtma tesisi çıkış sularından alınan atıksu örneklerine hem SPE işlemi uygulanarak hem de SPE işlemi uygulanmayarak tetrasiklin ve parçalanma ürünlerinin tespit edilmesi amaçlanmış ve elde edilen kromotogramlar ve pikler arasındaki farklar incelenmiştir. SPE işleminde Oasis HLB ve Oasis MAX kartuşları kullanılmıştır. TC ve parçalanma ürünlerinin tespit edilmesi amacıyla Oasis HLB ve Oasis MAX kartuşları, ön şartlandırma, yükleme, yıkama ve elute işlemlerinden geçirilmiş ve elde edilen elutlar LC-MS/MS ile analizlenmiştir. Elde edilen verilere göre SPE uygulanmayan atıksu örneklerinde TC ve parçalanma ürünlerinin tespit edildiği kromotogramlarda oluşan piklerin oldukça karmaşık ve birden fazla pik olduğu, SPE uygulanmış olan atıksu örneklerinde ise oluşan pikin sadece net ve bir tane olduğu tespit edildi.

**Anahtar sözcükler:** atıksu, tetrasiklin, katı faz ekstraksiyonu, LC-MS/MS



## EFFECT OF GRAPHENE NANO-PLATELETS ON IMPACT PROPERTIES OF CARBON-GLASS HYBRID COMPOSITES

Ahmet Erkliğ

University of Gaziantep, Department of Mechanical Engineering  
erklig@gantep.edu.tr

Bashar Ridha Younus

University of Technology, Energy and Renewable Energies Technology Center  
bashar.aqidi@gmail.com

Omar Abdulrahman Abood Al-dulaimi

Iraqi Ministry of Education, Educational Directorate of Al-Anbar  
o\_aldulaimy@yahoo.com

Bahjat Hardan Sulaiman

University of Anbar, College of Engineering  
bahjat.sulaman@gmail.com

**Abstract:** Controllable assembly of the hybrids composed of various types of nanoscale objects provides new opportunities for material fabrication. This paper investigated the influence of Graphene Nano-platelets (GNPs) inclusion on impact resistance of carbon and glass fiber/epoxy hybrid and non-hybrid composite laminates. Different weight ratios of GNPs (0.1, 0.25 and 0.5 %wt.) were used for this purpose. Impact characteristics of the prepared samples with and without GNPs fillers were studied comparatively. The experimental results showed that the inclusion of GNPs fillers has a considerable effect on the impact strength of carbon and glass fiber/epoxy composites. The improved strength might be due to high bonding strength at the interphase between GNPs-epoxy-fiber interactions.

**Keywords:** Graphene Nano-platelets, carbon fiber, glass fiber, hybrid composite, impact.



## EFFECT OF GRAPHENE NANO-PLATELETS ON IMPACT PROPERTIES OF CARBON-KEVLAR HYBRID COMPOSITES

Ahmet Erkliğ

University of Gaziantep, Department of Mechanical Engineering  
erklig@gantep.edu.tr

Bahjat Hardan Sulaiman

University of Anbar, College of Engineering  
bahjat.sulaman@gmail.com

Omar Abdulrahman Abood Al-dulaimi

Iraqi Ministry of Education, Educational Directorate of Al-Anbar  
o\_al dulaimy@yahoo.com

Bashar Ridha Younus

University of Technology, Energy and Renewable Energies Technology Center  
bashar.aqidi@gmail.com

**Abstract:** The forming of composite materials considers an effective route to improve the performances of polymers and expand their application areas. Due to the unique structure and remarkable mechanical, electrical, thermal, optical and catalytic properties, graphene has been mostly studied as a second phase to produce high performance polymer composites. The present investigation was basically performed to highlight the influence of Graphene Nano-platelets (GNPs) on impact resistance of carbon and kevlar fiber/epoxy hybrid and non-hybrid composite laminates. GNPs were dispersed with different weight contents of (0.1, 0.25 and 0.5 %wt.) within epoxy matrix. Impact resistance of the test specimens with and without GNPs fillers were studied comparatively. From the experimental results, it can be said that the addition of GNPs into epoxy matrix has a considerable effect on the impact resistance of the composite laminates. The improved strength refers to high bonding between GNPs, epoxy and fibers at the interphase.

**Keywords:** Graphene Nano-platelets, kevlar fiber, carbon fiber, impact, hybrid composite.



## WHEAT PURCHASE CRITERIAS OF SOIL CROPS OFFICE (TMO) IN TURKEY AND EXAMINATION OF ITS SUITABILITY

Halef DİZLEK

Osmaniye Korkut Ata University, Faculty of Engineering, Department of Food  
Engineering, Osmaniye, Turkey  
[hdizlek@osmaniye.edu.tr](mailto:hdizlek@osmaniye.edu.tr)

Gökhan ÇELİKER

Diyarbakır Commodity Exchange, Diyarbakır, Turkey  
[mrgkan@gmail.com](mailto:mrgkan@gmail.com)

**ABSTRACT:** Grain processing quality differs greatly among wheat varieties. This quality difference in wheat varieties leads to price formation in cereal trade; varieties get different prices according to quality grade. In other words, the factor that affects supply and demand balance is the degree of quality of wheat workability. Despite limited knowledge, especially the first wheat evaluation, protein and gluten amount, gluten index, sedimentation and falling number values are used. More precise and comprehensive information about the quality of wheat seeds can be obtained with the methods that determine the rheological properties of dough (extensograph, mixograph, alveograph) but these methods are not preferred for the first wheat evaluation due to excessive sample demand and taking long time.

In our country, wheat stored in Licensed Warehouses, established by Soil Crops Office (TMO) under the Law No 5300 on the date of 10/2/2005, is classified by authorized Classification Laboratories according to the data of quality measurements made in accordance with Turkish Standard (TS) 2974 Wheat standard. Some wheat varieties in the same group and in the same class according to the wheat standard and the purchasing schedule determined in the application by TMO in this frame are considered to play different roles on the market and stock exchanges. It was seen that the product of the muds with wheat variety which found high price in the market despite the same group and the same class according to TS 2974 standard was seen to take away the licensed storage because it would be stored in the same group and class with the lower priced varieties. This situation is considered to pose a serious risk to product specialized stock exchange and licensed warehousing.

**Key words:** wheat, soil crops office, wheat quality, classification, TS 2974 wheat standard



## COMPARISON OF TRANSGLUTAMINASE AND L-ASCORBIC ACID ADDITIVES IN IMPROVING QUALITY OF BREAD MADE FROM SUNN PEST (*EURYGASTER INTEGRICEPS*) DAMAGED WHEAT

Halef DİZLEK

Osmaniye Korkut Ata University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, Osmaniye, Turkey

[hdizlek@osmaniye.edu.tr](mailto:hdizlek@osmaniye.edu.tr)

Mehmet Sertaç ÖZER

Çukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Food Engineering, Adana, Turkey

[msozer@cu.edu.tr](mailto:msozer@cu.edu.tr)

**ABSTRACT:** Damage to wheat and its baking quality due to bug attack has been reported from Middle East, Central and West Asia, North Africa, and parts of Europe. It is particularly damaging when infesting developing grain as it injects enzymes into the grain of salivary proteinases that specifically digest wheat gluten proteins and that damage has produced important losses to millers, bakers, and country economies. Transglutaminase (TG) enzyme can be used to modify the functional properties of food proteins. It was reported that, the effects of TG in concert with other flour improvers, such as L-ascorbic acid (L-AA). The purpose of this study was to improve the baking quality of sunn pest damaged wheat (SPDW) samples (Golia and Sagittario) by using at varying levels TG (0%, 0.3%, 0.6%, 1%, 1.5%, and 2%) and L-AA (0, 50, 75, 100, and 125 ppm) as flour basis. The additives used as alone or in combinations in the bread manufacture. The study also planned to compare the effect of TG with L-AA, which has been used successfully for many years in bread making. In the study, standard a bread making procedure was applied to produce bread. The effects of additive applications on the important bread characteristics were investigated. Overall and vertical cross-sectional view of the bread samples were also presented. It was observed that bread quality parameters were improved significantly by using of additives. Among these additives, especially TG showed the most effective additive on bread quality, while L-AA improved the quality of bread obtained from the samples that have low ratio of SPDW. L-AA did not sufficiently improve the quality at highly infected wheats. Overall results indicate that the structure and properties of the bread from SPDW can be restored by the addition of suitable level TG and its stability has been confirmed.

**Key words:** sunn pest, wheat, L-ascorbic acid, transglutaminase, bread characteristics



## COMPARISON OF AISC 360 – 16 AND EC4 FOR THE PREDICTION OF COMPOSITE COLUMN CAPACITY

Baraa J.M. AL-Eliwi, Ph.D. student

Civil Engineering Department, University of Gaziantep, 27310 Gaziantep, Turkey

Civil Engineering Department, University of Mosul, 41001 Mosul, Iraq

baraa.aleliwi@gmail.com

Talha Ekmekyapar, Ph.D

Civil Engineering Department, University of Gaziantep, 27310 Gaziantep, Turkey

ekmekyapar@gantep.edu.tr

Hussein A.M.S. Al-Juboori, M.Sc student

Civil Engineering Department, University of Gaziantep, 27310 Gaziantep, Turkey

hussainjuboori@gmail.com

**ABSTRACT:** Composite constructions are used widely in civil engineering structures. The steel and concrete act together to resist the loads. Composite columns are a significant application of composite construction, and the Concrete-Filled Steel Tube (CFST) columns are the most common type of composite columns. The CFST columns have been increasingly used all over the world due to their inherent advantages, and in particular because of their favorable behavior under seismic loads. The steel tube effectively confines the concrete core, providing a highly ductile response under compression and a high energy absorption capacity. This type of composite column has been used primarily in bridges, reservoirs, and tall buildings. Circular CFST column provides much more effective confinement to the core concrete than other types of column sections under axial load due to an enhancement of composite action between steel tube and core concrete. Many design specifications used to predict the capacity of CFST columns, the ANSI/AISC 360 – 16 and the Eurocode 4 (EC4). The ANSI/AISC 360 – 16 is the specification for steel structures in the United States; the Eurocode 4 is the European code for composite structure design, respectively. The objective of this study is to investigate the differences between the AISCE 360-16 and the EC4 approaches of circular CFST columns under axial load and to evaluate how well they model the actual column behavior through a series of statistical comparisons. Also, the parameters which are used in design specification calculations steps will be assessed. The important parameters in calculations will also be specified to underline the best way in the design field.

**Key words:** Composite columns, CFST column, Axial capacity, ANSI/AISC 360 – 16, EC4.

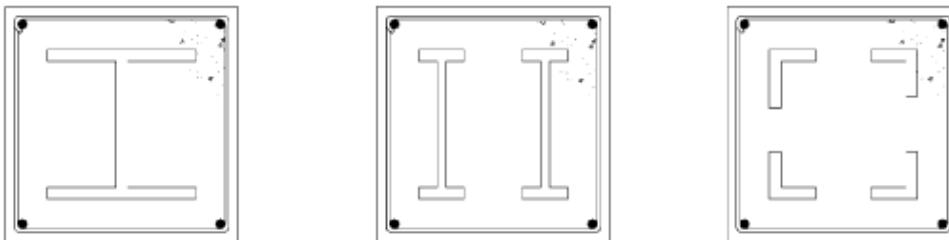
## INTRODUCTION

Composite structures term is widely used in civil engineering structures where the steel and concrete formed together into an element. The aim is to achieve the best level of performance than would have been case had the two materials functioned separately.

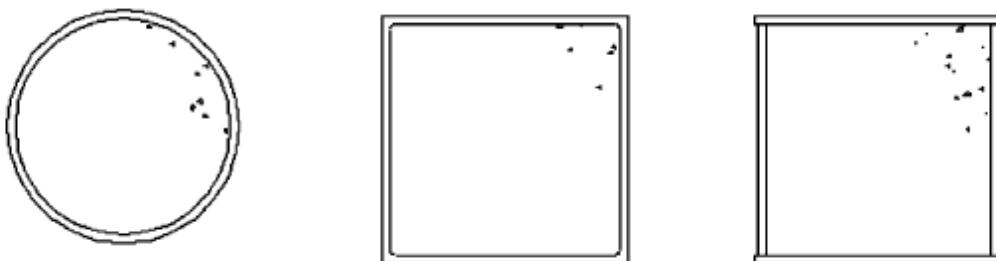
Composite columns are very important part of composite structures; the term "composite column" refers to any compression member which a steel element acts compositely with



the concrete element so that both elements resist compressive forces. There is a wide variety of column types of various cross – section, but the most commonly used are the concrete-encased composite columns, and the concrete filled steel tube columns, Figure 1 (Giakoumelis and Lam, 2004; Liang, 2014).



**Figure 1a. Concrete-Encased Composite Columns**

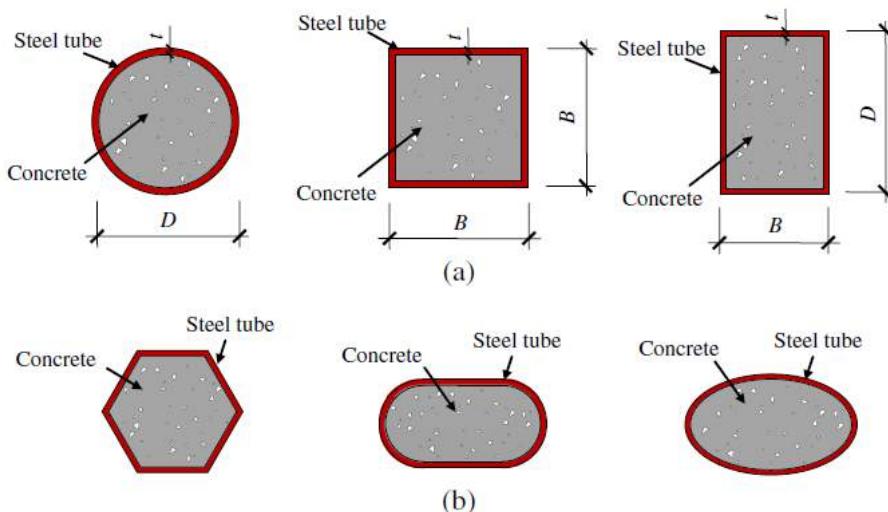


**Figure 1b. Concrete-Filled Composite Columns**

**Figure 1. Composite Columns (Giakoumelis and Lam, 2004)**

### **CONCRETE – FILLED STEEL TUBE (CFST) COLUMNS**

Concrete – Filled Steel Tube (CFST) Column offers features better than either pure steel or reinforced concrete column due to the interaction between the external steel tube and core concrete. The strength and ductility of CFST column are increased under compression due to the effective confinement of the steel tube to the core concrete. Also, the presence of the concrete prevents the inward buckling of the steel tube and enhance the local buckling response. The steel tube acts as the formwork, and this option gives a more economical and faster construction (Ekmekyapar and Al-Eliwi, 2016; Han *et al.*, 2014; Li *et al.*, 2015). Figure 2 shows the typical cross-sections of CFST column.



**Figure 2. Typical cross – sections of CFST column (Han *et al.*, 2014)**

The increase in strength, stiffness, and ductility of CFST column are provided by the confinement of steel tube to concrete core. In the early stage of loading, Poisson's ratio of concrete is lower than that of steel tube, and no confinement at this stage. When the load is increased, the Poisson's ratio of concrete increased and reach that of steel tube, core concrete expands and interacts with a steel tube to develop the passive confinement. At greater load levels, the core concrete expands laterally more than steel tube, and hence a radial pressure is developed at the interface between concrete and steel. At this stage, confinement of the concrete core is achieved, and core concrete is stressed triaxially and the steel tube biaxially (de Oliveira *et al.*, 2009; Johansson, 2002; Shanmugam and Lakshmi, 2001).

The confinement index is a parameter has been adopted to specify the confinement capability of the CFST column roughly (Han *et al.*, 2014; Han *et al.*, 2005).

$$\xi = \frac{A_s f_y}{A_c f_c} \quad (1)$$

where  $A_s$  and  $A_c$  are the cross-sectional areas of the steel tube and core concrete, respectively,  $f_c$  is the compressive strength of concrete, and  $f_y$  is the steel yield strength.

The studies proved that the circular steel tube could provide more effective confinement to the core concrete than other types of steel tube sections. Large experimental studies focused on the performance of circular CFST column under axial load were carried out over the last decades. In addition to experimental works, several design specifications have been published to enhance the applications and design of the CFST columns.

## PAST RESEARCH ON CFST COLUMNS UNDER AXIAL LOADING

Many research on circular CFST columns under axial loading has been carried out. The main parameters effect on the circular CFST column are: section slenderness ratio (diameter – to – thickness (D/t) ratio), column slenderness ratio (length – to – diameter (L/D) ratio), and materials properties which presented by concrete compressive strength  $f_c$ , and steel yield strength  $f_y$ .

Schneider (1998) studied the behavior of short concrete-filled steel tube columns under axial load experimentally. Fourteen specimens were tested to investigate the effect of the



tube shape and steel tube thickness on the capacity of the columns. It was concluded that circular steel tubes offer much more post-yield axial ductility than square and rectangular tube sections.

Giakoumelis and Lam (2004) studied the effect of the steel tube thickness, the bond strength between the steel and concrete, and the confinement on the behavior of circular CFST columns with various concrete strengths under axial loading and compared the results with the predictions of the design specifications.

Han *et al.* (2005) studied experimentally the behavior of self-consolidating concrete filled steel tube stub columns under axial load. The main parameters varied in the study are section type, steel yielding strength, D/t ratio. The theoretical model was used to study the influence of parameters on the ultimate strength of CFST columns. And making comparisons between the experimental results and the existing codes.

de Oliveira *et al.* (2009) studied the effect of L/D ratio and concrete strength on the confinement factor. The columns length was short and long and concrete strength normal and high strength. The capacity decreased when L/D increased, the load capacity increased for high strength concrete but the confinement improved in normal concrete strength and compared the results with some design codes.

An *et al.* (2012) investigated the behavior of very slender CFST columns. The results showed that the very slender column reaches the ultimate capacity with no confinement exist and predict the ultimate strength by design specifications.

Abed *et al.* (2013) studied the effect of D/t ratio and concrete strength of short CFST columns. The results showed the D/t ratio had a greater effect than others. when, D/t ratio increased the stiffness and axial capacity of the columns decreased due to decrease in the confinement. Also, the results compared with the current codes.

Aslani et al. (2015) Investigated the suitability of the several codes to predict the axial load capacity of high strength concrete filled steel tube columns under the axial load. According to the statistical results, simplified relationships are developed to predict the section and ultimate buckling capacities of normal and high-strength short and slender rectangular and circular CFSTCs subjected to axial loading.

Ekmekyapar and Al-Eliwi (2016) examined the capacity and the confinement of CFST columns with three L/D ratios, two D/t ratios, three concrete compressive strength levels and two steel qualities. The results showed that the L/D ratio is very important parameter has direct impact column capacity, and D/t and confinement factor does not have a direct impact on the performance of CFST column.

## AIM OF THIS STUDY

Many design specifications have been proposed to predict the axial capacity of CFST columns; the common codes are AISC360-16 (2016) and EC4 (2004) where the AISC 360 – 16 is the specification for steel structures in the United States; the EC4 is the European code for composite structure design. The aim of this study is to confirm the applicability and prediction of AISC 360 – 16 and EC4 codes for circular CFST columns under axial loading and compare them.

## STRENGTH PREDICTION OF CIRCULAR CFST COLUMNS

The AISC 360 – 16 and EC4 codes depend on different functions to estimate the axial load capacity of CFST columns. These codes have some limitations on geometrical properties of the steel tube, and materials properties of steel and concrete and these limitations are



different according to the code. Table 1 shows the limitations of these design specifications.

**Table 1. Limitations of Design Specifications**

Parameter	AISC 360 – 16	EC4
$f_y$ (MPa)	$f_y \leq 525$	$235 \leq f_y \leq 460$
$f_c$ of NW (MPa)	$21 \leq f_c \leq 70$	$20 \leq f_c \leq 60$
D/t	$\leq 0.31 (E_s/f_y)$	$\leq 90 (235/f_y)$
Steel amount	$\geq 1\%$ of gross area	$0.2 \leq \delta \leq 0.9$
Slenderness	$KL/r \leq 200$	$\lambda \leq 2$

Where  $E_s$  refers the elastic modulus of the steel tube,  $K$  is the effective length factor based on end boundary conditions of the column,  $\lambda$  refers the relative slenderness and,  $\delta$  is the steel contribution ratio defined in EC4:

$$\delta = \sqrt{\frac{A_s f_y}{N_{pl,Rd}}} \quad (2)$$

Elastic modulus of the concrete,  $E_c$ , is calculated in each specification as presented in Table 2.

**Table 2. Elastic Modulus of the Concrete**

Specification	$E_c$ (MPa)	Details
AISC 360-16	$0.043 w_c^{1.5} \sqrt{f_c}$	$w_c$ : Concrete density ( $1500 \leq w_c \leq 2500 \text{ kg/m}^3$ ).
EC4	$22000 ((f_c + 8)/10)^{0.2}$	

### AISC 360 – 16

The nominal strength of composite sections shall be determined by the plastic stress distribution method, where the steel tube reaches the yield stress  $f_y$  when the core concrete strength about  $0.95f_c$ . The CFST sections are classified as compact, noncompact or slender. This classification accordance to the cross-section slenderness (D/t) ratio. The section is compact if the D/t ratio does not exceed  $\lambda_p = 0.15E/f_y$ , noncompact if the D/t ratio exceed  $\lambda_p$  but does not exceed  $\lambda_r = 0.19E/f_y$ , and slender if the D/t ratio exceeds  $\lambda_r$ . For all cases, the maximum D/t ratio does not exceed  $0.31E/f_y$ .

The nominal compressive strength of doubly symmetric axially loaded CFST shall be determined for the limit state of flexural buckling based on member slenderness as follows:

$$P_{AISC} = P_{no} \left[ 0.658 \frac{P_{no}}{P_e} \right] \quad \frac{P_{no}}{P_e} \leq 2.25 \quad (3)$$

$$P_{AISC} = 0.877 P_e \quad \frac{P_{no}}{P_e} > 2.25 \quad (4)$$

Where,  $P_{no}$  is the nominal strength of the composite section and  $P_e$  is the Euler critical load, which is calculated using effective stiffness  $(EI)_e$ :



$$(EI)_s = E_s I_s + C_3 E_c I_c \quad (5)$$

$$P_s = \frac{\pi^2 (EI)_s}{(KL)^2} \quad (6)$$

$$K = 1$$

$C_3$  is the coefficient of effective rigidity of the CFST column:

$$C_3 = 0.45 + 3 \left( \frac{A_s}{A_s + A_c} \right) \leq 0.9 \quad (7)$$

For compact section, the nominal axial capacity is calculated as:

$$P_{no} = P_p \quad (8)$$

$$P_p = A_s f_y + C_2 A_c f_c \quad (9)$$

Where,  $P_p$  is the plastic strength of the section,  $C_2 = 0.95$ , a circular section.

AISC 360 – 16 adopts the confinement effect of circular section by the coefficient of  $C_2$  of 0.95, which gives an 11% constant improvement due to confinement.

For non – compact section; the nominal axial capacity is evaluated as:

$$P_{no} = P_p - \frac{P_p - P_y}{(\lambda_r - \lambda_p)^2} (\lambda - \lambda_p)^2 \quad (10)$$

$$P_y = A_s f_y + 0.7 A_c f_c \quad (11)$$

Where,  $P_y$  is the yield strength of the composite section.

For slender section, the nominal axial capacity is given by:

$$P_{no} = A_s f_{cr} + 0.7 A_c f_c \quad (12)$$

$$f_{cr} = \frac{0.72 f_y}{\left( \left( \frac{D}{t} \right) \frac{f_y}{E_s} \right)^{0.2}} \quad (13)$$

$f_{cr}$  is the critical local buckling stress of the filled circular section.

#### EC4

EC4 code adopts simplified method to predict the capacity of CFST columns. This code gives details to estimate the confinement effect, and the confinement effect is considered if the relative slenderness ( $\lambda$ ) is lower than 0.5. The plastic resistance of the CFST section ( $N_{pl,Rd}$ ) is calculated by adding the resistance of the steel and concrete. The plastic compressive capacity of circular CFST column as:



$$N_{EC4} = \eta_a A_s f_y + A_c f_c \left( 1 + \eta_c \frac{t}{D} \frac{f_y}{f_c} \right) \quad (14)$$

Where,  $\eta_a$  is the steel reduction factor, where the yield stress decreased due to the hoop stress. And  $\eta_c$  is the concrete enhancement factor, where, the concrete strength increased under triaxial stress state.

when eccentricity is smaller than 10% of the outer diameter of the steel tube D, the steel reduction and the concrete enhancement factors are evaluated as follows:

$$\eta_a = 0.25(3 + 2\bar{\lambda}) \leq 1.0 \quad (15)$$

$$\eta_c = 4.9 - 18.5\bar{\lambda} + 17\bar{\lambda}^2 \geq 0 \quad (16)$$

$\bar{\lambda}$ : the relative slenderness ratio; the confinement effect is considered, if the value of  $\bar{\lambda}$  does not exceed 0.5.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl,Rd}}{N_{cr}}} \leq 0.5 \quad (17)$$

Where,  $N_{pl,Rd}$  is the plastic resistance of column, and  $N_{cr}$  is the Euler critical load:

$$N_{pl,Rd} = A_s f_y + A_c f_c \quad (18)$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2(EI)_e}{(KL)^2} \quad (19)$$

Where,  $(EI)_e$  is the effective stiffness of the member which is given by:

$$(EI)_e = E_s I_s + K_e E_c I_c \quad (20)$$

Where,  $E_s$ ;  $E_c$  are the elastic modulus of steel and concrete, respectively. Table 2 defines the modulus of elasticity of concrete.  $I_s$ ;  $I_c$  are the moment of inertia of steel tube section and concrete section, respectively. Finally,  $K_e$  is a correction factor equal to 0.6.

EC4 considered the effect of imperfections that might be caused second order moments by multiplying the column plastic resistance by a reduction factor  $\chi$ :

$$\chi = \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{0.5}} \leq 1.0 \quad (21)$$

The reduction factor  $\chi$  is calculated using European column curves and the parameter  $\phi$  is calculated as:

$$\phi = 0.5[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 2) + \bar{\lambda}^2] \quad (22)$$

Where,  $\alpha$  is an imperfection factor, equal to 0.21 for circular CFST columns.



## PARAMETRIC STUDY OF CIRCULAR CFST COLUMNS

This study aims to investigate the appropriateness of AISC 360 – 16 and EC4 of practice for predicting the capacity of circular CFST columns under axial loading, where the data will be within and behind the limitations of these codes and analyze the results, where the variation of geometrical and material properties covered in this study. A total of 81 specimens, where various structural parameters were varied to investigate their combined effect: concrete compressive strength  $f_c$  taken as 20, 60, and 100 MPa to cover normal and high strength concrete, steel tube yield strength  $f_y$  taken as 235, 435, and 600 MPa to cover mild and high tensile strength steel, D/t ratio taken as 20, 60, and 100, and L/D ratio taken as 3, 6, and 9 to cover short and long columns.

In definition of short and long CFST columns the AISC 360 – 16 and EC4 codes are completely different, therefore, the term "short column" and "long column" are classified according to L/D ratio, where the "short column" is defined as specimen with L/D ratio less than or equal 4, while, "long column" is defined as specimen with L/D ratio more than 4 (Han *et al.*, 2014; Le Hoang and Fehling, 2017; Li *et al.*, 2015). The modulus of elasticity of steel tube is 200 GPa, and modulus of elasticity of concrete is determined according to the corresponding codes.

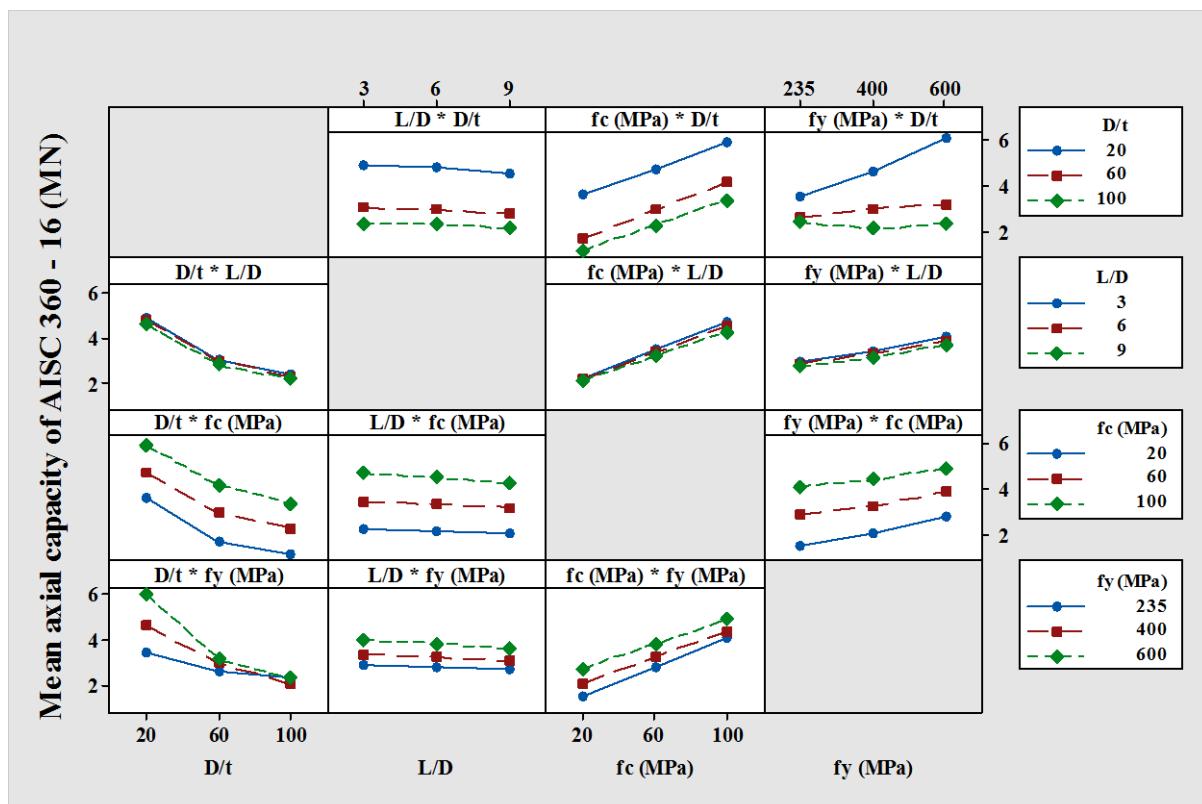
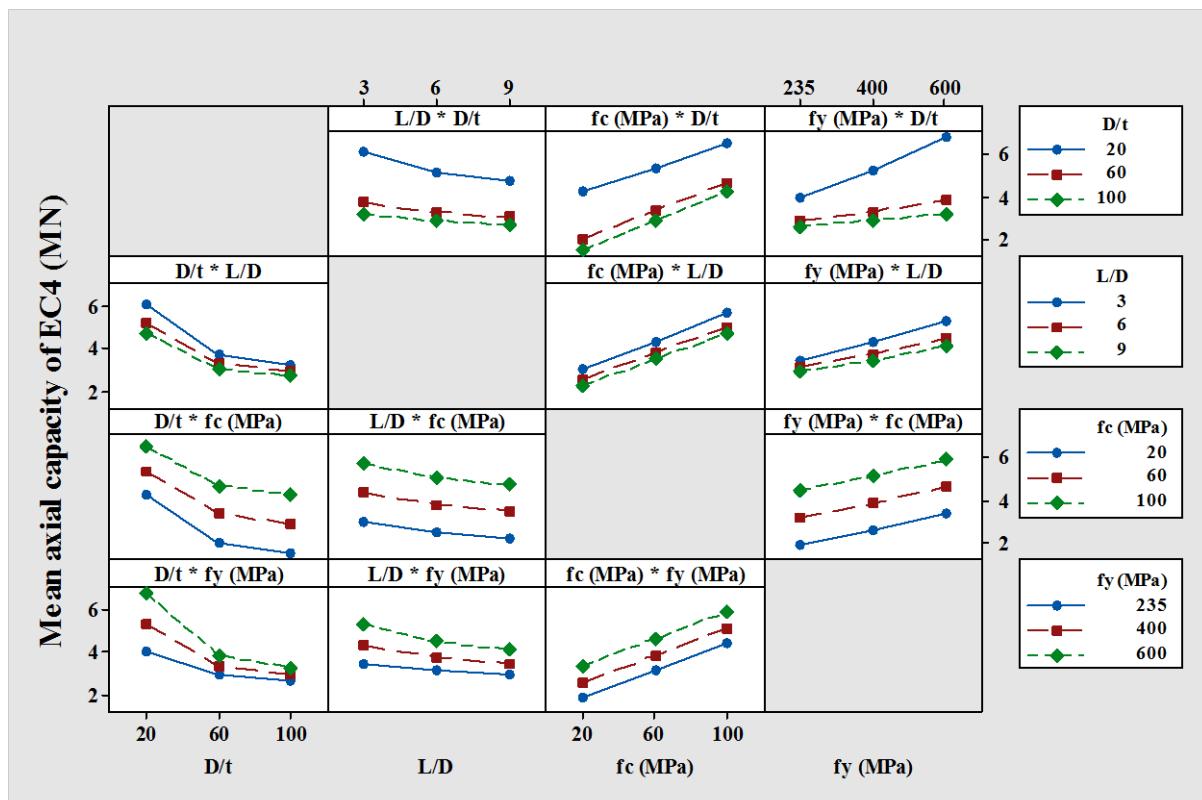
### The effect of parameters on axial capacity of CFST columns

To study the behavior of the CFST columns, there are materials and geometrical parameters are effect on the axial capacity of column, (1) concrete compressive strength  $f_c$ , (2) steel tube yield strength  $f_y$ , (3) diameter – to – thickness D/t ratio, and (4) length – to – diameter L/D ratio.

To investigate which parameter has more effect on the axial capacity of the CFST column, the results of analysis of variance by using Minitab software showed that the D/t ratio and concrete compressive strength have the more effects than other parameters and the maximum interaction is between D/t ratio and  $f_y$  for both AISC 360 – 16 and EC4.

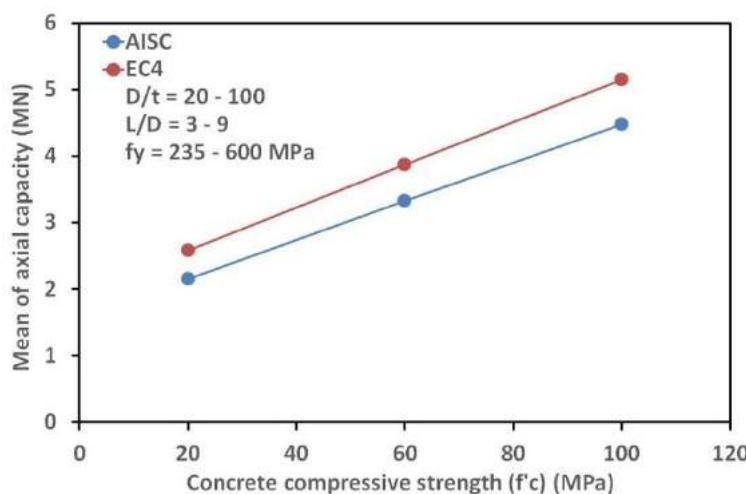
The results show that the CFST column of (D/t = 20, L/D = 3,  $f_c$  = 100 MPa, and  $f_y$  = 600 MPa) gives the maximum axial capacity of 7.501 MN, and 9.063 MN for both AISC 360 – 16 and EC4 respectively by difference about 20.8% where the EC4 takes the confinement effect on its consideration. While the CFST column of (D/t = 100, L/D = 9,  $f_c$  = 20 MPa, and  $f_y$  = 235 MPa) gives the minimum axial capacity of 1.034 MN, and 1.117 MN for both AISC 360 – 16 and EC4 respectively by difference about 8%.

Figure 4 and Figure 5 present the interaction plots for both AISC 360 – 16 and EC4. Use an interaction plots to show how the relationship between one parameter and the mean of the axial capacity depends on the value of the second parameter.


**Figure 4. Interaction Plot of AISC 360 – 16 Design Code**

**Figure 5. Interaction Plot of EC4 Design Code**

### ***Effect of concrete compressive strength $f_c$***

The effect of concrete compressive strength  $f_c$  is shown in Figure 6 for both AISC 360 – 16 and EC4, where the axial capacity increase when  $f_c$  increases.

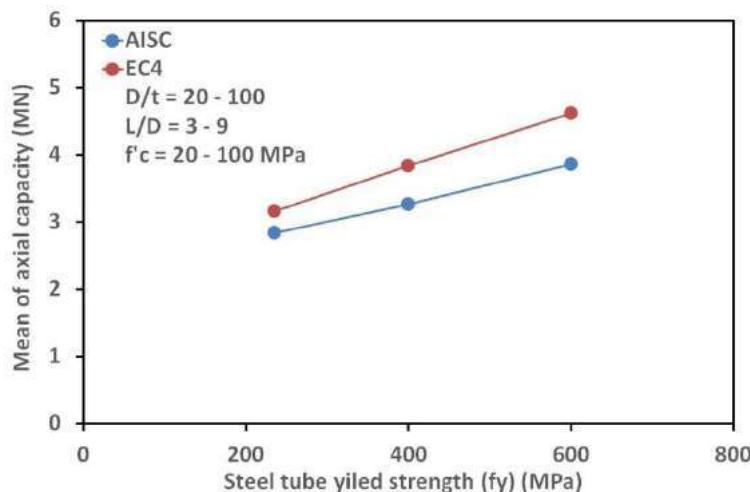


**Figure 6. Effect of  $f_c$  on Axial Capacity of CFST Columns**

This increasing in axial capacity of the CFST columns is due to the effects of confining tube in increasing the infill concrete compressive strength  $f_c$ . As shown in Figures 4 and 5, the maximum axial capacity gives when  $f_c = 100 \text{ MPa}$  with  $D/t = 20$  compared with others parameters.

### ***Effect of steel yield strength $f_y$***

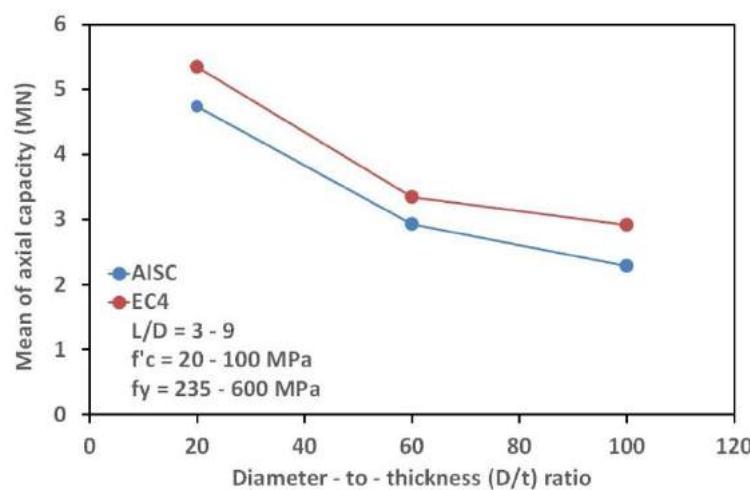
Figure 7 shows the influence of  $f_y$ , for both AISC 360 – 16 and EC4 the axial capacity of the CFST column increase when increase in  $f_y$  increases. Figures 4 and 5 present the maximum axial capacity gives when  $f_y = 600 \text{ MPa}$  with  $D/t = 20$  compared with others parameters.



**Figure 7. Effect of  $f_y$  on Axial Capacity of CFST Columns**

#### *Effect of diameter – to – thickness D/t ratio*

D/t ratio also defines as cross-section slenderness ratio also this ratio effect on local buckling of the CFST columns, however, the for AISC 360 – 16 the local buckling accounted according to the classification of cross-section as compact, noncompact and slender. While the EC4 the local buckling occurs when this ratio passed the maximum value. Furthermore, this parameter effect on the confinement as shown in Equation 1. For both AISC 360 – 16 and EC4 the axial capacity of the CFST column decrease when D/t increases due to the reduction in confinement provided by small thickness. Figure 8 shows the influence of D/t ratios on the axial capacity of the CFST columns. However, the D/t = 20 gives the maximum effect with compared with other values (D/t = 60, 100).

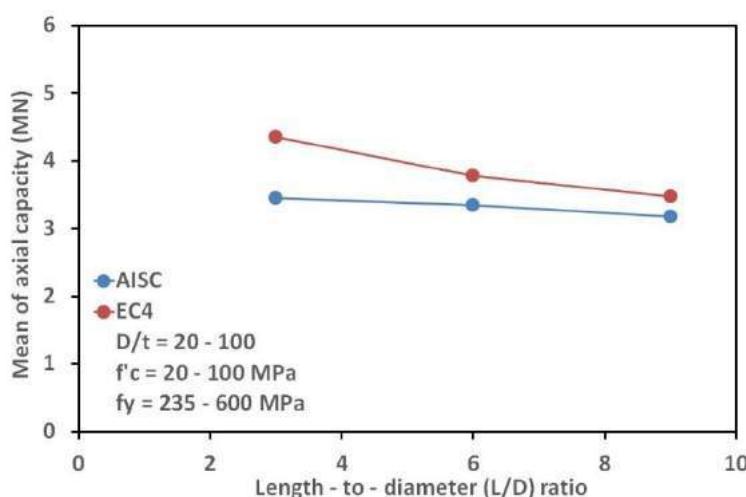


**Figure 8. Mean Effect Plot of D/t Ratio**

#### *Effect of length – to – diameter L/D ratio*

The L/D ratio affects the axial capacity and the confinement effect of the CFST columns, where, both decrease when L/D ratio increased (de Oliveira *et al.*, 2009; Ekmekyapar and

Al-Eliwi, 2016). Figure 9 shows the mean effect of L/D ratio on the axial capacity of the CFST columns for both AISC 360 – 16 and EC4. Where the axial capacity of short columns (L/D = 3) greater than long columns (L/D = 6 and 9). Also from Figures 4 and 5 the L/D = 3 with D/t ratio = 20 gives the maximum axial capacity in compared with other parameters.



**Figure 9. Mean Effect Plot of L/D Ratio**

#### **The strength index (SI) and the confinement index ( $\xi$ )**

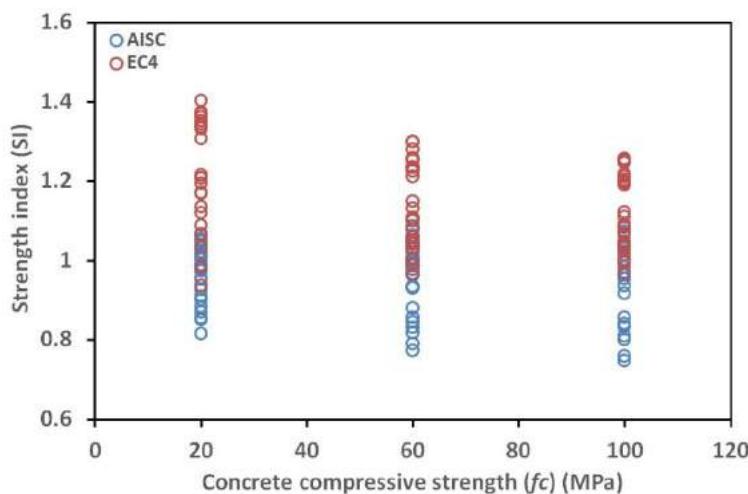
For the design of the CFST columns, most codes recognize the effect of the "composite action" especially for members with the circular cross – section. Therefore, the strength of the composite member is enhanced. Strength index  $SI$  and the confinement index  $\xi$  are very useful measures for composite action and confinement assessments in CFST columns. where  $\xi$  is defined in equation 1 and  $SI$  is defined as follows and (Ekmekyapar and Al-Eliwi, 2016; Han *et al.*, 2014; Portolés *et al.*, 2011; Yang *et al.*, 2008; Yu *et al.*, 2008):

$$SI = \frac{P_u}{P_{uo}} \quad (23)$$

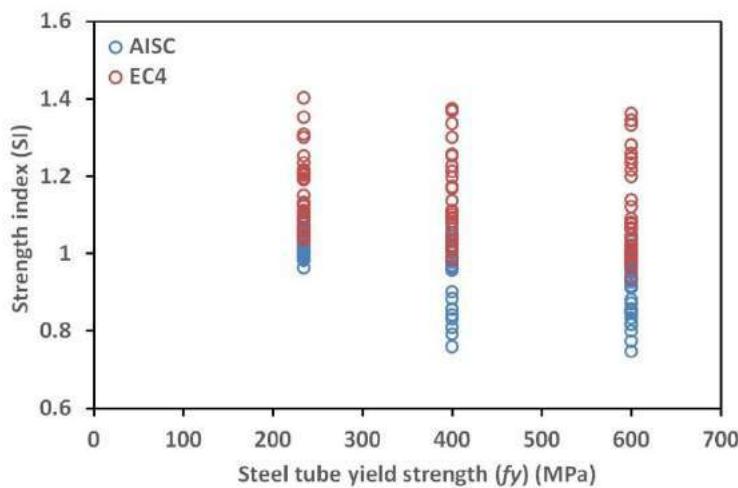
Where,  $P_u$  is the axial capacity of a CFST column predicted by AISC 360 – 16 and EC4 codes. And  $P_{uo}$  is the sectional capacity or squish load:

$$P_{uo} = A_s f_y + 0.85 A_c f_c \quad (24)$$

The following Figures 10 to 13 show the effect of parameters of the parametric study on the strength index. For AISC 360 – 16  $SI$  ranges from 0.747 to 1.088 and for EC4 ranges from 0.937 to 1.403 by increasing in mean about 18%, this in difference is due to the EC4 code take the confinement effect in its consideration. Figures 10 and 11 show that  $SI$  for normal strength concrete ( $f_c = 20$  MPa) greater than high strength concrete (60 and 100 MPa) and for mild steel strength ( $f_y = 235$  MPa) greater than higher strength steel strength (400 and 600 MPa) because the squish load of the CFST column depends on cross – section and the materials properties  $f_c$  and  $f_y$ .

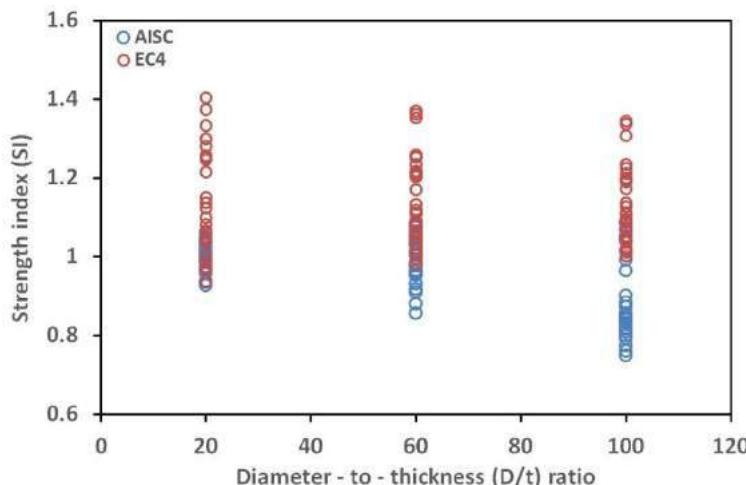


**Figure 10. Effect of  $f_c$  on the Strength Index SI**



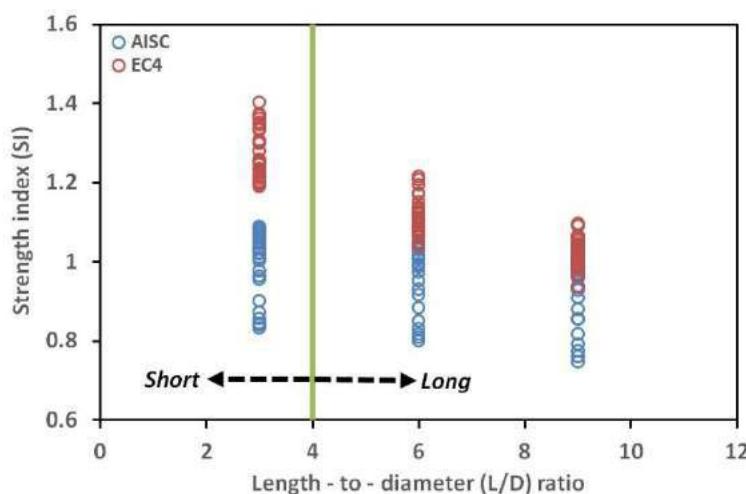
**Figure 11. Effect of  $f_y$  on the Strength Index SI**

Figure 12 shows the effect of D/t ratio on the strength index for both AISC 360 – 16 and EC4 codes. The strength index decreased when the D/t ratio increases this means the thicker tube provides confinement more than, the thinner tube. The column's ductility decreases as the concrete compressive strength increases for higher D/t ratios, but for smaller D/t ratios the opposite is true (Abed *et al.*, 2013).



**Figure 12. Effect of D/t Ratio on the Strength Index SI**

As shown in Figure 9, the L/D ratio has a direct impact on the axial capacity of the CFST column. The short columns have an axial capacity greater than long columns for both AISC 360 – 16 and EC4. This is also clear in Figure 13 where the short columns have strength index more than unity particularly for EC4 due to the effect of the L/D ratio on the confinement index, where the confinement decrease when L/D ratio increases. For a column with small L/D ratio, the failure is recognized by material yielding while for high L/D ratio the failure is characterized by global instability with small deformation before the facing the confinement (de Oliveira *et al.*, 2009).



**Figure 13. Effect of L/D ratio on the Strength Index SI**

The confinement index  $\xi$  is a function of D/t ratio, as well as the material properties  $f_c$  and  $f_y$ , for this parametric study the confinement index ranges from 0.097 to 7.037. Figures 14 – 16 show the relation between the D/t ratios and the confinement index  $\xi$  with different values of  $f_c$  and  $f_y$ . It is observed that the samples of D/t ratios = 20 with  $f_c$  = 20 MPa and  $f_y$  = 600 MPa are more affected on the confinement index.

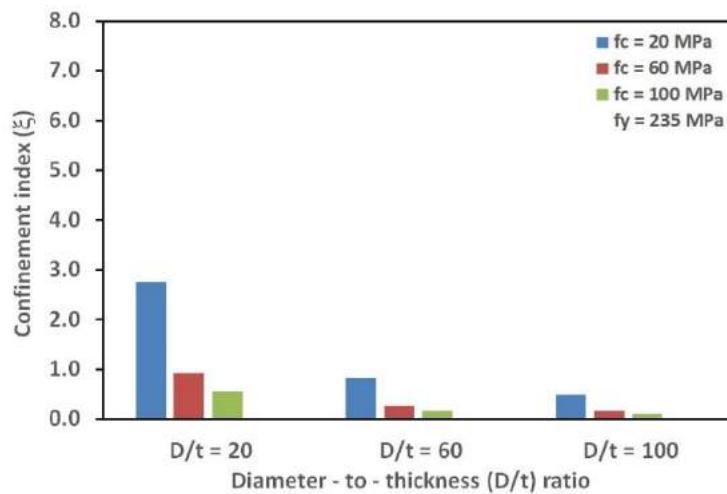


Figure 14. D/t Ratio Versus the Confinement Index  $\xi$ ,  $f_y = 235 \text{ MPa}$

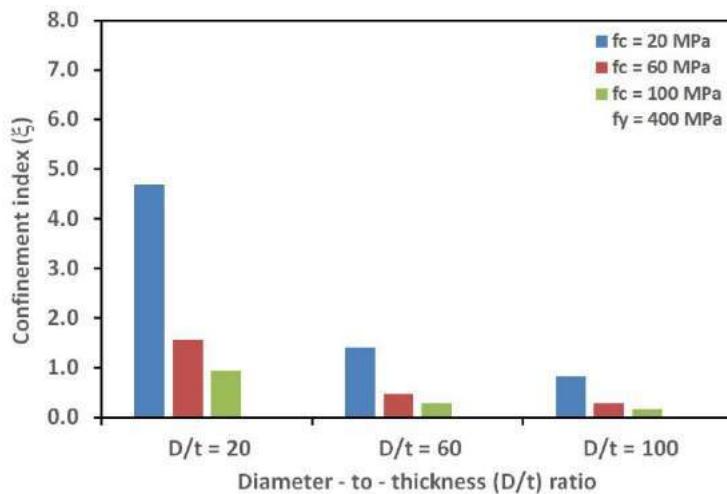


Figure 15. D/t Ratio Versus the Confinement Index  $\xi$ ,  $f_y = 400 \text{ MPa}$

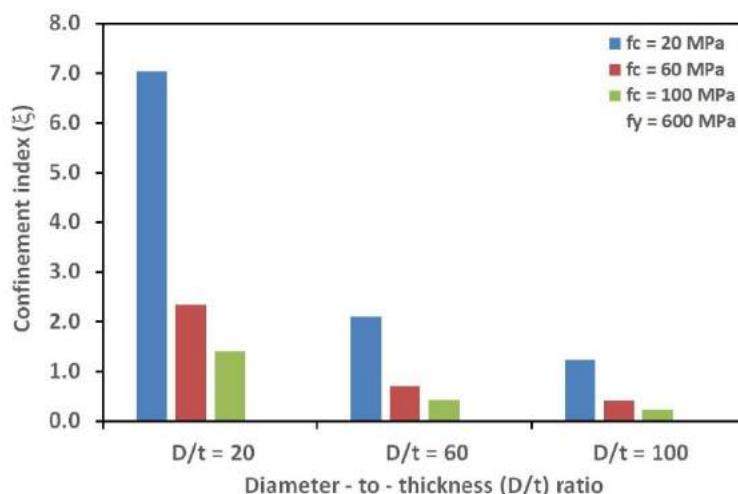


Figure 16. D/t Ratio Versus the Confinement Index  $\xi$ ,  $f_y = 600 \text{ MPa}$



As a summary of this parametric study, Table 3 shows the difference in predictions between AISC 360 – 16 and EC4, where, the percentage of the difference of the axial capacity for total columns specimens is 16.53%, this difference due to the confinement effect and the variation between the limitations of codes for materials and geometrical properties, when classify the columns specimens according to length, the difference is 26.24% this exactly due to the confinement where EC4 takes in its consideration the confinement effect for short column while for long columns the difference decreased to 11.39% because no confinement effect for long column in EC4 calculations. Also for the same reasons the same result is clear to observe for strength index calculations for short and long columns where the difference is 27.83% and 12.95% respectively. For normal strength concrete (NSC) and high-strength concrete (HSC), also the variation is clear for prediction of axial capacity between two codes, generally, the confinement is more effective when the infilled concrete is NSC due to its higher deformation capacity in comparison with the HSC (de Oliveira *et al.*, 2009), this result is obvious in mean of  $SI_{EC4}$  between NSC and HSC due to confinement effect while it is slight difference in  $SI_{AISC}$  because no big effect of confinement in this code. The same conclusion observed when comparisons between the mean of the confinement index  $\xi$  between NSC and HSC. While there is no effect of length on the mean of  $\xi$  because the equation 1 do not take the length in calculations. conversely for steel tube strength, where, the mild steel strength (MSS) ( $f_y \leq 460$  MPa) gives lower confinement than high tensile steel strength (HSS) ( $f_y > 460$  MPa).

**Table 3. Summary of the Results**

	Mean of $P_{AISC}$ (MN)	Mean of $P_{EC4}$ (MN)	$P_{EC4}/P_{AI}$ sc (%)	Mean of $SI_{AISC}$	Mean of $SI_{EC4}$	$SI_{EC4}/SI_{AI}$ sc (%)	Mean of $\xi$
Total columns	3.321	3.870	16.53	0.964	1.139	18.09	1.213
Short columns	3.447	4.351	26.24	0.999	1.276	27.83	1.213
Long columns	3.258	3.630	11.39	0.947	1.070	12.95	1.213
NSC	2.211	3.010	36.09	0.994	1.354	36.20	2.374
HSC	4.064	5.022	23.56	1.001	1.238	23.67	0.633
MSS	3.051	3.498	14.639	0.993	1.151	15.94	0.936
HSS	3.861	4.615	19.518	0.908	1.115	22.79	1.768

## CONCLUSIONS

The present study is an attempt to compare between the prediction of AISC 360 – 16 and EC4 of composite columns, with the rapid growth of research and application of concrete-filled steel tube in the world, the circular concrete-filled steel tube column under axial loading is considered as a parametric study. On the basis of this study, the following conclusions can be drawn:

The variation of geometrical and material properties of specimens suggested covering the practical cases in this field.



These specimens were within and behind the limitations of the AISC 360 – 16 and EC4 codes.

The AISC 360 – 16 and EC4 codes depend on different functions to estimate the axial load capacity of CFST columns. Therefore, there is the difference in results between them.

The EC4 takes the confinement effect within its consideration that represents by the term  $(1 + \eta_c \frac{t}{D} \frac{f_y}{f_c})$  as shown in equation 14, while for AISC 360 – 16 is constant as shown in equation 9.

The parameters of geometrical and material properties of specimens are the effect on the predictions of both codes with different percentages.

The analysis of variance showed that the D/t ratios and  $f_c$  have the more effective parameters than others and the maximum interaction occurred for D/t ratio and  $f_y$ .

The CFST column of (D/t = 20, L/D = 3,  $f_c$  = 100 MPa, and  $f_y$  = 600 MPa) gives the maximum axial capacity for AISC 360 – 16 and EC4 respectively by difference about 20.8% where the EC4 takes the confinement effect on its consideration. While the CFST column of (D/t = 100, L/D = 9,  $f_c$  = 20 MPa, and  $f_y$  = 235 MPa) gives the minimum axial capacity for AISC 360 – 16 and EC4 respectively by difference about 8%.

The axial capacity increased when  $f_c$  and  $f_y$  increase, while decreased when D/t ratio and L/D ratio increase.

Strength index  $SI$  and confinement index  $\xi$  are very useful measures for composite action and confinement assessments in CFST columns.  $SI$  for NSC and short column is greater than HSC and long column, while the HSS gives confinement index more than MSS.

## REFERENCES

- Abed, F., AlHamaydeh, M., and Abdalla, S. (2013). Experimental and numerical investigations of the compressive behavior of concrete filled steel tubes (CFSTs). *Journal of Constructional Steel Research*, 80, 429-439. doi: 10.1016/j.jcsr.2012.10.005
- AISC360-16. (2016). ANSI/AISC 360-16 Specification for Structural Steel Buildings (pp. 676). Chicago, Illinois, USA: American institute of steel construction.
- An, Y.-F., Han, L.-H., and Zhao, X.-L. (2012). Behaviour and design calculations on very slender thin-walled CFST columns. *Thin-Walled Structures*, 53, 161-175. doi: 10.1016/j.tws.2012.01.011
- Aslani, F., Uy, B., Tao, Z., and Mashiri, F. (2015). Predicting the axial load capacity of high-strength concrete filled steel tubular columns. *Steel and Composite Structures*, 19(4), 967-993. doi: 10.12989/scs.2015.19.4.967
- de Oliveira, W. L. A., De Nardin, S., de Cresce El Debs, A. L. H., and El Debs, M. K. (2009). Influence of concrete strength and length/diameter on the axial capacity of CFT columns. *Journal of Constructional Steel Research*, 65(12), 2103-2110. doi: 10.1016/j.jcsr.2009.07.004
- EC4. (2004). EN1994-1-1Eurocode4. DesignofCompositeSteelandConcreteStructures-Part 1-1:General Rules and Rules for Buildings (pp. 117). CEN, Brussels: European Committee for Standardization.
- Ekmekyapar, T., and Al-Eliwi, B. J. M. (2016). Experimental behaviour of circular concrete filled steel tube columns and design specifications. *Thin-Walled Structures*, 105, 220-230. doi: 10.1016/j.tws.2016.04.004
- Giakoumelis, G., and Lam, D. (2004). Axial capacity of circular concrete-filled tube columns. *Journal of Constructional Steel Research*, 60(7), 1049-1068. doi: 10.1016/j.jcsr.2003.10.001



- Han, L.-H., Li, W., and Bjorhovde, R. (2014). Developments and advanced applications of concrete-filled steel tubular (CFST) structures: Members. *Journal of Constructional Steel Research*, 100, 211-228. doi: 10.1016/j.jcsr.2014.04.016
- Han, L.-H., Yao, G.-H., and Zhao, X.-L. (2005). Tests and calculations for hollow structural steel (HSS) stub columns filled with self-consolidating concrete (SCC). *Journal of Constructional Steel Research*, 61(9), 1241-1269. doi: 10.1016/j.jcsr.2005.01.004
- Johansson, M. (2002). The efficiency of passive confinement in CFT columns. *Steel and Composite Structures*, 2(5), 379-396. doi: 10.12989/scs.2002.2.5.379
- Le Hoang, A., and Fehling, E. (2017). Numerical study of circular steel tube confined concrete (STCC) stub columns. *Journal of Constructional Steel Research*, 136, 238-255. doi: 10.1016/j.jcsr.2017.05.020
- Li, N., Lu, Y.-Y., Li, S., and Liang, H.-J. (2015). Statistical-based evaluation of design codes for circular concrete-filled steel tube columns. *Steel and Composite Structures*, 18(2), 519-546. doi: 10.12989/scs.2015.18.2.519
- Liang, Q. Q. (2014). *Analysis and Design of Steel and Composite Structures*: CRC Press.
- Portolés, J. M., Romero, M. L., Bonet, J. L., and Filippou, F. C. (2011). Experimental study of high strength concrete-filled circular tubular columns under eccentric loading. *Journal of Constructional Steel Research*, 67(4), 623-633. doi: 10.1016/j.jcsr.2010.11.017
- Schneider, S. P. (1998). Axially loaded concrete-filled steel tubes. *Journal of Structural Engineering, ASCE* 124(10), 1125-1138.
- Shanmugam, N., and Lakshmi, B. (2001). State of the art report on steel-concrete composite columns. *Journal of Constructional Steel Research*, 57(10), 1041-1080.
- Yang, H., Lam, D., and Gardner, L. (2008). Testing and analysis of concrete-filled elliptical hollow sections. *Engineering Structures*, 30(12), 3771-3781. doi: 10.1016/j.engstruct.2008.07.004
- Yu, Q., Tao, Z., and Wu, Y.-X. (2008). Experimental behaviour of high performance concrete-filled steel tubular columns. *Thin-Walled Structures*, 46(4), 362-370. doi: 10.1016/j.tws.2007.10.001



## ANALYSIS METHODS in MOLECULAR COMMUNICATION via DIFFUSION

İbrahim İŞIK  
Inonu University  
ibrahim.isik@inonu.edu.tr

Mehmet Emin TAĞLUK  
Inonu University  
mehmet.tagluk@inonu.edu.tr

**ABSTRACT:** Molecular Communication (MC) is a new and multidisciplinary subject which consist of medicine, biology and communication engineering. MC is used for communication of nano scale devices. Chemical signals are used to carry information at gaseous or liquid medium in MC. Sending information from transmitter to receiver with minimum error is a very important criteria in MC as in digital communication. However inter symbol interference (ISI) and noise increase this error significantly. Software based studies are generally done by scientists to increase the performance of MC nowadays because of expensive laboratory conditions. There are a lot of simulator about MC in literature. In this study, one of them which is MUCIN simulator are investigated by comparatively with other simulators. MUCIN is a simulator for ISI Mitigation in Molecular Communication via Diffusion with an Absorbing Receiver. Also advantages and disadvantages of this simulator are given in this study.

**Key words:** Molecular Communication, ISI, Simulator



## FPGA BASED ANALYSIS METHODS in TL and OSL STUDIES

Esme İŞIK  
Gumushane University  
esmeboz@gumushane.edu.tr

Ibrahim İŞIK  
Inonu University  
ibrahim.isik@inonu.edu.tr

**ABSTRACT:** Optically and thermally stimulated luminescence are used in many studies such as retrospective dosimetry, chronology of archeology and earth sciences, classification of materials, and radiation dosimetry. There are a lot of analysis methods to image of thermoluminescence (TL) and optically stimulated luminescence (OSL) studies. One of these methods is FPGA (Field Programmable Gate Arrays) based analysis of TL and OSL studies. In this study, FPGA based methods are investigated to analyze and image of TL and OSL studies. There are a lot of studies in literature about hardware based analysis methods. FPGA is generally used for reference signal generator and an EMCCD (Electron Multiplying Charge Coupled Device) is used for light detector. We chose FPGA because it is fast, cheap and giving closer values to real results.

**Key words:** TL, OSL, FPGA



## BIFURCATION PHENOMENA OF NATURAL CONVECTION IN DIFFERENTIALLY SYMMETRIC HEATED SQUARE ENCLOSURE

Djoubeir DEBBAH

Institution name Department of Mechanical Engineering, University Mentouri, Constantine, Algeria, 25000  
debbahdjoubeir@hotmail.com

Omar KHLAI

Institution name Department of Mechanical Engineering, University Mentouri, Constantine, Algeria, 25000  
Kholai.omar@gmail.com

**ABSTRACT:** In this paper a numerical study is performed to analyze the steady natural convection phenomena of air in a square cavity with different symmetric locations of the heating part. The heating parts in the left, right and bottom walls of the cavity are maintained at a higher temperature  $T_h$ , whereas the other parts of these sidewalls are kept at a lower temperature  $T_c$ . The enclosure's top wall is kept insulated. The coupled continuity, momentum and energy equations are solved by a finite volume method. Simulations are performed for different values of the Rayleigh number  $Ra$  in the range between  $10^3$  and  $5 \times 10^6$ . We study the thermal behavior and the structure of the air movement within the cavity by variation of the Rayleigh number. The effect of three different heating locations on the vertical walls (bottom, Centre, and top) and the local heat source on the bottom wall was evaluated. Results are presented graphically in the form of streamlines, isotherms and also with a temperature and velocity profiles and average Nusselt numbers.

**Key words:** natural convection, square cavity, finite volume method, bifurcation, Rayleigh number



## **THERMAL ANALYSIS OF THE MULTI-TASKED PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MACHINE**

Kadir YILMAZ

Kocaeli University, Department of Energy Engineering, Kocaeli, Turkey

kayel@kocaeli.edu.tr

Murat AYAZ

Kocaeli University, Department of Electric and Energy, Kocaeli, Turkey

murat.ayaz@kocaeli.edu.tr

M. Murat TEZCAN

Dumlupınar University, Department of Electric and Electronic Engineering, Kütahya,  
Turkey

murat.tezcan@dpu.edu.tr

Erkan MESE

Ege University, Department of Electric and Electronic Engineering, Izmir, Turkey

erkan.mese@ege.edu.tr

**ABSTRACT:** The most desirable feature of electric machines designed for automotive applications is providing high power density in low volumes. Therefore, the use of permanent magnets is becoming common in the design of electric machines. The usage of permanent magnets has greatly contributed to the reduction of dimensions and total volumes of electric machines. However, reduction of dimensions and increasing power density cause thermal problems. Hence, in the design stage of the electric machines, it is necessary to carry out thermal analyzes in order to determine the maximum output values obtained from machine such as power, speed, torque and etc. without damage any materials in terms of thermal conditions. This study deals with the thermal analysis of a Multi-Tasked Permanent Magnet Synchronous Machine (MTPMSM) designed for the charging of low voltage battery and the continuous operation of mechanical accessories in Hybrid Electric Vehicles (HEVs). The thermal analysis has been verified by experimental results.

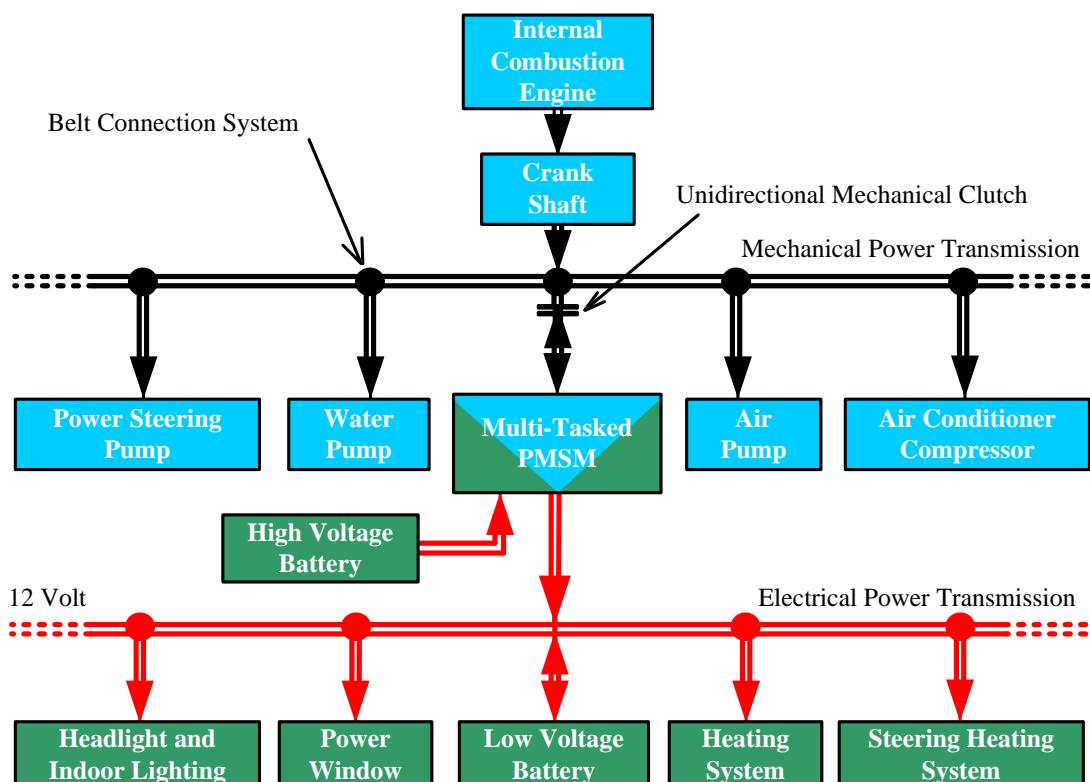
**Key words:** Permanent magnet synchronous machines, thermal analysis, dual winding machines, hybrid electric vehicles.

### **INTRODUCTION**

Permanent magnet synchronous machines are becoming popular in automotive applications in view of the fact that they can provide high power density and output torque in low volumes. Especially in recent years, several studies have been done on dual winding structure in order to both improve performance and realize different tasks in one machine

body. Permanent magnet synchronous machines with dual windings are used in applications required specifications such as raising the starting torque, providing dual level voltage output, working as motor and alternator at the same time, improving fault tolerance and etc. (Mese et al., 2015; Jang et al., 2005). In the design of these machines, the temperature change caused by the losses obtained by the electromagnetic analysis of the machine is one of the most important issues for design stages. Lumped parameter and finite element methods are widely used for thermal analysis of electric machines (Joo et al., 2011). In the literature, several studies have been made in this issue and the effects of the thermal distribution of the machine on the output performance have been examined (Ayaz et al., 2015; Ruoho et al., 2010; Staton et al., 2005).

In this study, the electric machine to be subjected to thermal analysis has a dual winding set and it is the most important part of the electric accessory driving method (EADS) proposed as an alternative to the drive-by-wire method used in the next generation vehicles. As can be seen from Figure 1, in EADS, one of the winding sets is used for motor operation to drive mechanical accessories and the other winding set is used for generator operation to supply energy for electrical loads. The machine with dual winding set is called multi-tasked machine in this paper because it can work both as motor and as generator at the same time. The analysis of the machine in terms of thermal conditions has become more important because of that both tasks are carried out in the same body at the same time, unlike conventional electric machines. In this study, thermal analysis of the proposed machine has been done by using finite element method. Apart from motor winding set, second winding set (generator operation) effects on both core losses and magnet eddy losses must be handled in detail, in terms of design aspects.



**Figure 1. Electrical Accessory Driving System**

## MULTI-TASKED PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MACHINE

The dual winding electric machine should have the ability to operate both as a motor and as a generator at the same time without interaction in order to supply energy for mechanical and electrical accessories at the same time in vehicle. Therefore, there should not be any magnetic coupling between the winding sets or it should be decreased to very low values. Moreover, the provision of low volume, weight and cost criteria is a priority as the proposed machine is used for automotive application. Taking all these criteria into consideration, single layer concentrated winding structure is convenient for the proposed machine (Ayaz et al., 2012).

**Table 1. Basic Geometrical Parameters of Multi-Tasked PMSM**

**Stator Data**

Number of Slots	24
Outer Diameter(mm)	240
Inner Diameter (mm)	140
Total Length (Includes end winding) (mm)	144.96

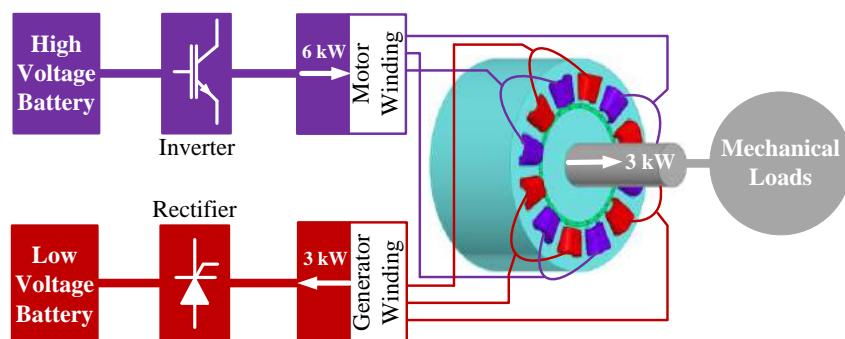
**Rotor Data**

Thickness of Magnet (mm)	5
Type of Magnet	NdFe30
Total Net Weight (kg)	32.68

**Table 2. Basic Electrical Parameters of Multi-Tasked PMSM**

Full Load Data	Motor	Generator
Maximum Line Voltage(V)	156.11	36.65
RMS Phase Current (A)	34.93	137.28
Efficiency (%)	92.85	90.48
Iron-Core Loss (W)	190.98	231.19
Copper Loss (W)	116.01	84.527
Total Loss (W)	461.53	315.72

The total power of the multi-task machine is 9 kW when the power required to drive the mechanical accessories is 6 kW and the electrical power is 3 kW. When the internal combustion engine (ICE) stops, the MTPSM runs as both motor and generator modes at constant speed value which is 1500 rpm in order to provide energy for driving accessories without any interruption. On the other hand, when ICE runs, MTPMSM runs as generator mode at variable speed which is depend on traction system and motor windings are unloaded. The machine dimensions are determined using the basic dimensional equations and are given in Table 1 and Table 2. Figure 2 shows the MTPMSM and its convertor topology.



**Figure 2. Multi-Tasked PMSM and Convertor Topology**



## THERMAL ANALYSIS OF THE MULTI-TASKED PMSM

In today's applications of electric machines, expectations such as high efficiency, low weight and cost make thermal analysis an important part of machine design. In electric machines, the temperature distribution must be pre-determined so that high temperatures do not cause problems such as deformation of the winding insulation, shorten the machine life, disruption of the magnetization of the magnets, and mechanical deformations. Measurement of temperature directly through the sensors is very high cost in terms of some reasons such as moving parts, materials having different thermal properties, several heat sources. For this reason, package softwares such as Motor CAD, Ansys, ThermNet and etc. are used to determine the thermal behavior of the electric machines.

Two methods are used for these calculations in thermal analysis. These are Analytical Lumped-Circuit Model and Numerical Analysis (Finite Elements Method and Fluid Dynamics). In this study, numerical analysis method is used to investigate the thermal behavior of the machine and the temperature distributions of the machine under certain initial conditions. It is important that the how heat transfer takes place in the machine in order to perform the thermal analysis of the electric machines. In electric machines, the heat energy occurred with losses is distributed in three different ways. These can be classified as convection, conduction and radiation. Heat transfer occurred between the solid bodies in contact with each other is called heat transfer by conduction. If heat transfer is between moving fluids or a solid body with which any moving fluid comes into contact, then heat transfer by convection occurs. All surfaces at the finite temperature emit energy in the form of electromagnetic waves. Therefore, heat transfer by radiation occurs between the two surfaces that are present at different temperatures and that are facing each other without a barrier between them. While the basic equation of heat transfer by conduction is defined by the Fourier heat transfer law, the basic equation of heat transfer by convection is defined by Newton's law of cooling. The basic equation of heat transfer with radiation is given by Stephan-Boltzmann radiation law (Boglietti et al., 2006; Boglietti et al., 2009).

The electrical and mechanical losses of the machine constitute the heat sources. The heat transfer takes place via convection, conduction and radiation inside and outside of the machine. The conduction method is dominant for the solid parts of the machine, while the heat transfer in the refrigerant fluid is made by convection method. In low and medium power machines, except for low shaft speed values, the heat energy transferred by radiation is very small and negligible compared with convection. In electric machines, convection heat transfer mainly takes place in three regions, namely the region between the frame and the ambient air, the winding end and the axial end region, the air gap region between the stator and the rotor. The basic formula for solving heat convection problems is Newton's cooling law. The heat quantity ( $\theta$ ) transferred by convection depends on the heat transfer coefficient ( $h_c$ ), surface area ( $A_s$ ), surface temperature ( $T_s$ ) and free fluid temperature ( $T_f$ ). It is given with equation 1.

$$\theta = h_c A_s (T_s - T_f) \quad (1)$$

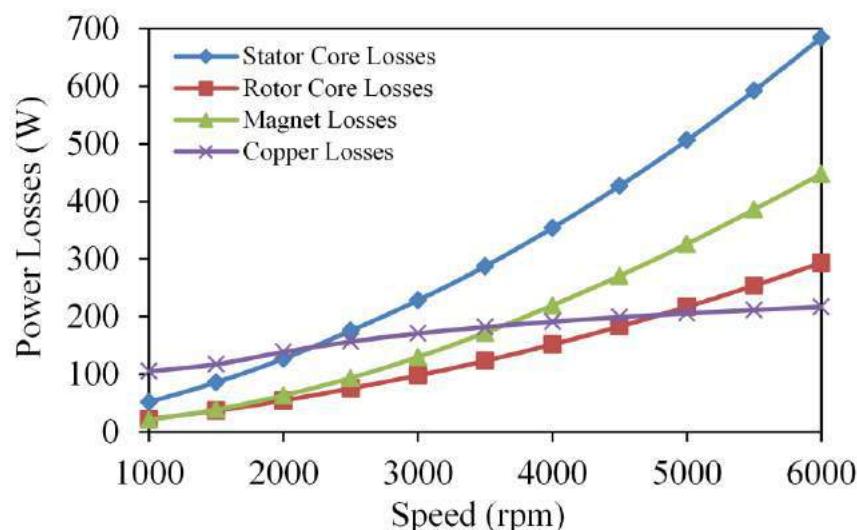
Heat transfer coefficient ( $h_c$ ) is the most important parameter in heat transfer by convection. This value, which depends on many factors, constitutes the most important

step in the solution of the problem. The determination of the heat transfer coefficient varies depending on the flow type, the nature of the fluid, the physical properties of the fluid, and the surface shape. In the thermal analysis of the multi-tasked electric machine, the heat transfer coefficient is defined as  $10 \text{ W/m}^2$  (Boglietti et al., 2009). In addition, the thermal properties of the materials used in the design of the MTPMSM are given in Table 3.

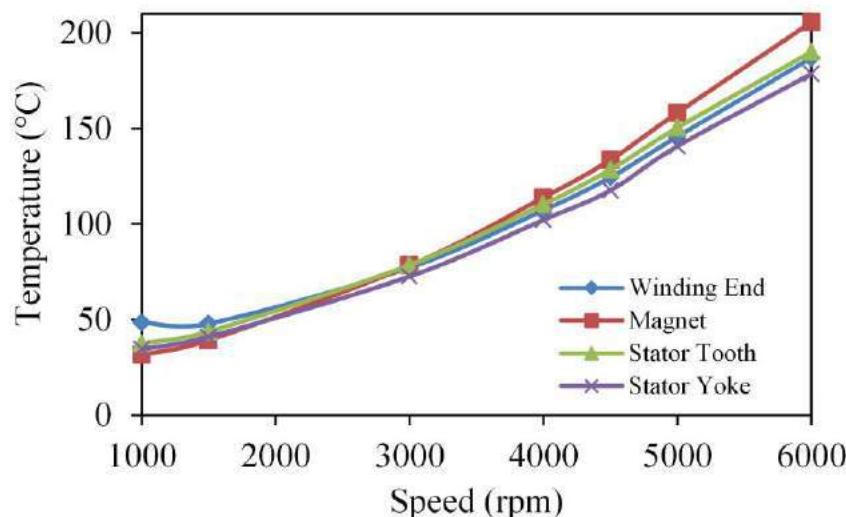
**Table 3. Thermal Features of Used Materials**

Multi-Task PMSM Construction Materials	Thermal Conductivity (W/m °C)	Heating Capacity (J/Kg °C)	Mass Density (Kg/m <sup>3</sup> )
Stator & Rotor (M270)	13	502	7600
Magnets (NdFeB)	9	0.12	7390
Windings (Copper)	401	385	8954
Air	0.025	1.0056	1.20

Figure 3 shows that the power loss variation of the MTPMSM, obtained from magnetic analysis of the Maxwell program that depends the machine shaft speed. As expected, increasing of the shaft speed causes the increasing of the eddy losses and core losses. Especially, in higher speeds, these losses are increasing significantly. Basic reason of this selection is the winding topology. Disadvantage of the concentrated winding topology is high EMF sub-harmonics. Especially on higher frequencies, these sub-harmonics cause higher core losses. Figure 4 shows that the temperature variation from thermal analysis results that depends the data on Figure 3. Temperature variation graph shows that the machine's temperature rises together with rotor speed.

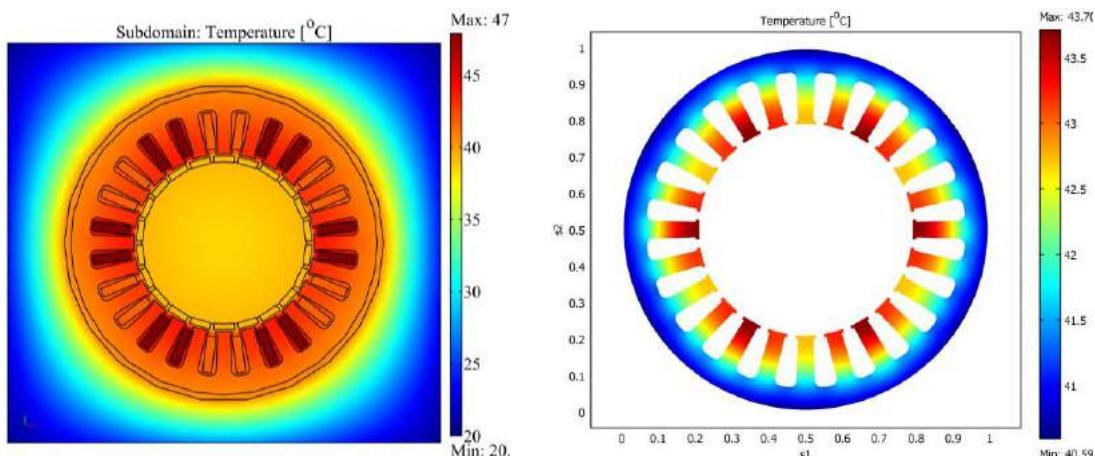


**Figure 3. Power Losses versus Speed of the Multi-Tasked PMSM**



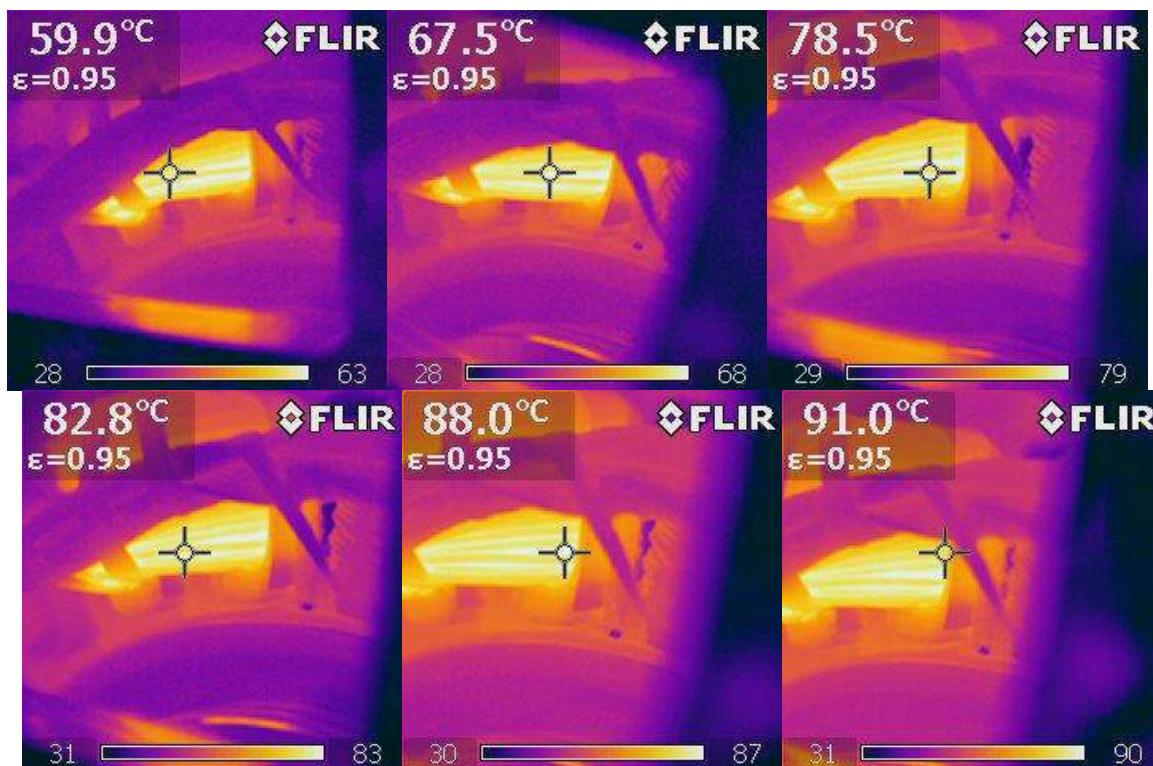
**Figure 4. Temperature versus Speed of the Multi-Tasked PMSM**

Consideration from thermal analysis results, if MTPMSM runs constant on the speeds up to 5000 rpm, magnet poles can be damaged causing from the high temperature values. However, operation of the machine is in the boundaries of the speeds at 3000 rpms. On these speeds, machine is operated on short periods. For this reason, temperature values of the windings don't affect the isolation enamel of the wire and magnets. Figure 5 show that the temperature variation of the MTPMSM on fully loaded motor-generator operation at 1500 rpm.



**Figure 5. Temperature Distribution of MTPMSM under Full Load at 1500 rpm.**

Figure 6 shows that the thermal cam output temperature variation of the MTPMSM on fully loaded motor-generator operation at 1500 rpm.



**Figure 6. Thermal Photographs during Generator Operation at 1500 rpm and Fully Loaded**

## CONCLUSION

Aim of this study is transformation of the core losses and magnetic field distribution results for thermal analysis of a dual winding electrical machine that designed for charging the low voltage battery and propulsion of the electric accessories on a hybrid electric vehicle. Temperature data causing from the core losses transferred to MotorCad program for thermal analysis. Analyses have showed that higher speeds causes higher eddy and core losses. Especially on high speeds, effect of the core losses on temperature rising increases significantly. Considering the thermal results, long operating period of MTPMSM up to speeds of 5000 rpm, damages the rotor magnet poles. However, operation of the machine is in the boundaries of the speeds at 3000 rpms. On these speeds, machine is operated on short periods. For this reason, temperature values of the windings do not affect the isolation enamel of the wire and rotor magnets.

## ACKNOWLEDGMENT

This work is being supported by The Scientific and Technological Research Council of Turkey under contract number 110E111 and Scientific Research Projects Unit of Kocaeli University under contract number 2011/063.

## REFERENCES

- Ayaz, M., Tezcan, M. M., Yilmaz, K. & Mese, E. (2012). Magnetic coupling effect of a PM synchronous machine having concentrated windings. Proceedings from PEMD 2012:



IET 6th International Conference on Power Electronics, Machines & Drives, Bristol, United Kingdom.

Ayaz, M., Yasa, Y., Mese, E. & Tezcan, M. M. (2015). Thermal analysis of a permanent magnet alternator with auxiliary winding. Proceedings from ISEF 2015: XVII International Symposium on Electromagnetic Fields in Mechatronics, Electrical and Electronic Engineering. Valencia, Spain.

Boglietti, A., Cavagnino, A., Pastorelli, M., Staton, D. A. & Vagati, A. (2006). Thermal analysis of induction and synchronous reluctance motors. *IEEE Transactions on Industrial Applications*, 42(3), 675–680.

Boglietti, A., Cavagnino, M., Staton, D. A., Shanel, M., Mueller, M. & Mejuto, C. (2009). Evolution and modern approaches for thermal analysis of electrical machines, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 56(3), 871–882.

Jang G. H. & Lee, C. I. (2005). Dual Winding method of a BLDC motor for large starting torque and high speed. *IEEE Transactions on Magnetics*, 41(10), 3922-3924.

Joo, D., Cho, J. H., Woo, K., Kim, B. T. & Kim, D. K. (2011). Electromagnetic field and thermal linked analysis of interior permanent-magnet synchronous motor for agricultural electric vehicle. *IEEE Transactions on Magnetics*, 47(10), 4242–4245.

Mese, E., Ayaz, M., Tezcan, M. M. & Yilmaz, K. (2015). Design of dual winding permanent magnet synchronous machines for hybrid electric vehicle accessory drives. *International Journal of Vehicle Design, Special Issue on Electrified Vehicles and Transportation Systems*, 69, 185-207.

Ruoho, S., Kolehmainen, J., Ikaheimo, J. & Arkkio, A. (2010). Interdependence of demagnetization, loading, and temperature rise in a permanent-magnet synchronous motor, *IEEE Transactions on Magnetics*, 46(3), 949–953.

Staton, D. A., Boglietti, A. & Cavagnino, A. (2005). Solving the more difficult aspects of electric motor thermal analysis in small and medium size industrial induction motors, *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 20(3), 620–628.



Editor Asst. Prof. Dr. Adem Atmaca

Gaziantep University Engineering Faculty  
[+90 342 360 12 00](tel:+903423601200)  
[+90 342 360 10 13](tel:+903423601013)  
[uemk2017@gmail.com](mailto:uemk2017@gmail.com)  
<https://uemk-conferences.wixsite.com/2017>

Published by  
Gaziantep university, Engineering Faculty, Energy Systems Engineering, Üniversite  
Bulvarı 27310 Şehitkamil - Gaziantep, TÜRKİYE

**ISBN**  
978-975-7375-41-8

**Date of Approval**  
2017-10-17 15:56:43

No part of the material protected by this copyright may be reproduced or utilized in any form or by any means, without the prior written permission of the copyright owners, unless the use is a fair dealing for the purpose of private study, research or review. The authors reserve the right that their material can be used for purely educational and research purposes. All the authors are responsible for the originality and plagiarism, multiple publication, disclosure and conflicts of interest and fundamental errors in the published works.

Copyright © 2017. All rights reserved.



ISBN 978-975-7375-41-8

9 789757 375418 >