IMASCONGRESS

INTERNATIONAL MARMARA SCIENCES CONGRESS

December 4 - 5, 2020
Kocaeli / TURKEY

IMASCON 2020 AUTUMN
www.imascon.com

International Marmara Sciences Congress
IMASCON 2020 - Autumn

4 – 5 December 2020 KOCAELI

PROCEEDINS BOOK

Organizer

Sponsors

This congress proceedings book is published as an electronic format as e-book.

All rights reserved.

Editorial Board

Assoc.Prof.Dr. Arif ÖZKAN
Assist.Prof.Dr. Serdar BİROĞUL
Lect. Dr. Ömer GÜNGÖR
Lect. Mustafa OF
Research Asist. Çağatay TAŞDEMİRCİ

ISBN: 978-625-409-185-8

Address Kocaeli Üniversitesi Rektörlüğü, Umuttepe Yerleşkesi Kocaeli, TÜRKİYE
Phone +90 262 303 1000
E-mail info@imascon.com
Web www.imascon.com

All legal and ethical responsibility of the studies belongs to the authors. All rights reserved. The copyright of this proceedings book belongs to Kocaeli University. It may not be copied or reproduced without permission.

Table of ContentS

BRIEFLY ABOUT ..... İX
IMASCON 2020 ORGANIZATION X
SCIENTIFIC COMMITTEE ..... Xİ
IMASCON 2020 INVITED SPEAKERS ..... Xİİİ
CONGRESS PROGRAMME ..... XİV
ABSTRACTS AND POSTERS 1
RULMAN TİTREŞİM VERİLERİNDEN ANOMALİ TESPİTİ 2
HO KATKILI NAFEPO4 KATOT MALZEMESİNİN ÜRETİMİ VE ELEKTROKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ 4
BAKIR BAZLI NA-İYON PİLLERİN GELİŞTİRİLMESİ 5
İMİDAZOL SINIFI ANTİFUNGALLAR: KANSER HÜCRELERİ ÜZERİNDEKİ ETKİ MEKANİZMALARI 6
DOĞRUDAN HAVA YAKALAMA TEKNOLOJİSİ VE YAYILMASINDAKİ BELİRSİZLİKLERİN DEĞERLENDİRMESİ 7
FARKLI FONKSİYONEL ÖZELLİKLERE SAHİP SUBAZLI BAĞLAYICILARIN SENTEZİ VE SU BAZLI BOYA PERFORMANSI ÜZERİNE ETKİLERİ 9
PRODUCTION OF PAN-ADDED NANOFIBERS AND USE OF BISPHENOL DERIVATIVES IN CHROMATE EXTRACTION 10
ADVISOR PROGRAMIYLA HİBRİT ELEKTRİKLİ TAŞITLARDA BATARYA ANALİZİ 11
X-RAY GÖRÜNTÜLERİ ÜZERİNDE YAPAY ZEKA TEKNİKLERİ KULLANARAK AKCİĞERDE COVİD-19 SAPTAMA ... 13
KABLOSUZ ŞARJ SİSTEMLERİ İÇİN İKİNCİL TARAFLI AA/DA DOĞRULTUCU SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRMASI 14
HAVAYOLU SEKTÖRÜYLE İLGİLİ TÜRKÇE TWİTTER METİN ANALİZİ VE TWEETLERİN ORTAK SIK SORULAN SORULAR BAŞLIKLARINA GÖRE SINIFLANDIRILMASI 15
A BIOINFORMATICS-BASED APPROACH FOR DESIGNING PRIMER SETS IN DETERMINATION OF MEAT SPECIFICITY 17
SAĞLIK ÇALIŞANLARININ İŞ GÜVENLİĞİ EĞİTİMLERİNDE SANAL GERÇEKLİĞİN UYGULANABİLİRLİĞİ 18
ARABIC SIGN LANGUAGE RECOGNITION: A REVIEW 19
ELEKTROFORETİK HİDROKSİAPATİT KAPLAMA ÖNCESİ ARAYÜZEY ÖZELLİKLERİNİN ANODİZASYON YOLUYLA OPTİMİZASYONU 20
ULUSAL VERİ TABANINDA YAYINLANAN MATEMATİKSEL TUTUMA YÖNELİK YAPILAN ÇALIŞMALARIN BETİMSEL İÇERİK ANALİZİ 22
BİR İMALAT İŞLETMESİNDE SİMÜLASYON YÖNTEMİYLE SÜREÇ İÇİ ENVANTER MİKTARININ AZALTILMASI 23
TÜRKİYE'DEKİ APATHYA CAPPADOCICA (WERNER, 1902) (REPTILIA: LACERTIDAE) TÜRÜNDE EŞEYSEL DIMORFIZM 25
AKCİĞER CT DOKU ANALİZİ VERİLERİNDE MAKİNE ÖĞRENMESİ İLE COVID-19 TESPİTİ 26
OPTICAL AND STRUCTURAL CHARACTERISATION OF TERNARY CHALCOGENIDE TLSBSE2 27
KESİRLİ BAGLEY TORVİK DİFERANSİYEL DENKLEMİ İÇİN NÜMERİK YAKLAŞIMLAR 28
E VİTAMİNİ, C VİTAMİNİ VE SELENYUM TAKVİYELERİNİN SERUM PARAOKSONAZ-1 AKTİVİTESİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ 29
UYUMLAŞTIRICI ETKİSİNİN ABS/PA6 KARIŞIMLARI ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDE ETKİSİNİN İNCELENMESİ 30

MILK RUN SİSTEMİNDE ROTALAMA İÇİN SEZGİSEL BİR YAKLAŞIM UYGULAMASI 32
EZİNE (ÇANAKKALE) VE ÇEVRESİNİN NEOTEKTONİK İNCELEMESİ 33
TRİKLOSAN ANTİMİKROBİYALLERİN GİYSİLİK DOKUMA KUMAŞLARA ETKİSİ VE KARAKTERİZASYONU 35
DEVELOPMENT OF NEW ELECTROACTIVE POLYMERS FOR SMART WINDOWS 36
YEAR-DEPENDENT CHANGE OF DNP PARAMETERS IN P-DIFLUOROBENZENE SUSPENSION WITH ASPHALTENE 37
PLAGIONOTUS (ECHINOCERUS) FLORALIS (PALLAS, 1773) (COLEOPTERA: CERAMBYCIDAE, CERAMBYCINAE) TÜRÜNÜN ELITRAL DESEN VARYASYONLARI ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA 38
DERİN ÖĞRENME MODELLERİNİ KULLANARAK X-RAY GÖRÜNTÜLERİNDEN COVID-19'LU HASTANIN AŞIRI ÖĞRENME MAKİNELERİ İLE TESPİTİ 39
STREPTOZOTOSİN (STZ) İLE OLUŞTURULAN DİYABETİK SIÇAN MODELİNDE ATORVASTATİN VE CİNNAMOMUM SP TEDAVİLERİNİN KARACİĞER ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ: HİSTOLOJİK VE BİYOKİMYASAL ÇALIŞMA 41
SOIL RESISTOME AND MICROBIAL DIVERSITY AS MAIN ASPECTS OF FOOD SECURITY 43
ENVIRONMENTAL ANTIBIOTIC POLLUTION - IMPACT ON SOIL MICROBIOME 44
ELECTROCHEMICAL ENZYMATIC BIOSENSOR DEVELOPMENT BY USING DIFFERENT ELECTROPOLYMERIZATION CONDITIONS OF POLYANILINE 45
PERVAPORASYON DESTEKLİ GLİSEROL KARBONAT SENTEZİ 46
YAKIT KATKI MADDELERİ SOLKETAL VE SOLKETAL TERSİYER BUTİL ETER ÜRETİMİNİN İNCELENMESİ 48
KARBONDİOKSİT GAZININ FOTO/ELEKTROKİMYASAL İNDİRGENME SÜRECİNDE YENİ TÜR ELEKTROAKTİF POLİMER FİLMLERİN KULLANILMASI 50
BİNALARIN 3 BOYUTLU MODELLERİNİN ÜRETİLMESİNDE VİDEO VE SAYISAL GÖRÜNTÜLERE DAYALI BİR YÖNTEM 52
BAZI FENOLİK BENZOİK ASİT İÇEREN DİSAZO BOYARMADDELERİN SENTEZİ, KARAKTERİZASYONU VE ABSORPSİYON ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ 54
BAKTERİLERİN İLAÇ OLARAK VE İLAÇ DAĞITIMINDA KULLANILMASI 56
THE AN OVERVIEW OF PRESENT GLOBAL PANDEMIA: COVID-19 57
GYPSUM HABITATS OF THE ÇANKIRI PROVINCE AS A BIOGEOLOGICAL HERITAGE 59
BAĞLANTI ELEMANI ÜRETİMİNDE ŞEKİL VERME YÖNTEMİNDEKİ BAĞIMLI VE BAĞIMSIZ DEĞİŞKENLERİN İNCELENMESİ 60
ARAÇ VE PLAKA TANIMA 62
TÜRKİYE'NİN OTBİÇENLERİNİN BİYOÇEŞİTLİLİĞİ (ARACHNIDA: OPILIONES) 63
MEYVELERDE PAKETLEME UYGULAMALARI 64
DOĞU ANADOLU FAYI ÇEVRESİNDE MEYDANA GELEN DOĞAL VE YAPAY SARSINTILARIN AYRIMI 65
ESTIMATION IN REPLICATED ULTRASTRUCTURAL MEASUREMENT ERROR MODELS BY IMPROVING CORRECTED SCORE FUNCTION 67
PALADYUM İYONLARININ ZENGİNLEŞTİRİLMESİ İÇİN DERİN ÖTEKTİK ÇÖZÜCÜ DESTEKLİ MİKROEKSTRAKSİYON (DÖÇDME) METODUNUN GELİŞTİRİLMESİ 68
CRDI BİR DİZEL MOTORDA FUZEL YAĞININ MOTOR PERFORMANS VE YANMA KARAKTERİSTİKLERİNE ETKİSİ 70
AĞIR METAL KİRLİLİĞİNE MARUZ KALMIŞ TOPRAKLARIN ÇİM BİTKİSİYLE (LOLİUM PERENNE L.) DOĞAL ARITIMINDA PH VE EC'NİN DEĞİŞİM SEYRİ 71
VÜCUT YAĞ YÜZDESİNİN MAKİNE ÖĞRNMESİ YÖNTEMLERİ İLE TAHMİN EDİLMESİ 73

NEVŞEHIR ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİNDE BAZI TOPRAK ÖZELLİKLERİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) ORTAMINDA DEĞERLENDİRİLMESİ 75

UV IŞINLARI İLE KURUYABİLEN BUĞU TUTMAYAN KAPLAMALAR 77

SİMÜLASYON DESTEKLİ SOĞUK DÖVME KALIP ANALİZİ VE SONUÇLARIN İNCELENMESİ 78

KUYUMCULUK KAYNAKLI ATIKLARIN RAMAT SEKTÖRÜ İLE GERİ KAZANIM YÖNTEMLERİ VE ATIK YÖNETİMİ 80

METİN MADENCİLİĞİ TEKNİKLERİ KULLANILARAK ÖZET EPİKRİZLERE DAYALI POLİKLİNİK SINIFLANDIRILMASI 82

AKILLI TELEFON SENSÖRLERİ KULLANILARAK YAPAY ZEKA TABANLI AKTİVİTE TAKİBİ 84

KONYA İLİ STANDART YAĞIŞ İNDEKSİ DEĞERLERİNİN HİBRİT MAKİNE ÖĞRENMESİ YÖNTEMLERİ İLE TAHMİN EDİLMESİ 86

N-BOYUTLU BİRİM DİSK ÜZERİNDE KAOTİK FONKSİYONLAR 88

FAST, ACCURATE AND ROBUST DETERMINATION METHOD FOR CRITICAL TEMPERATURE OF SUPERCONDUCTORS 89

THE IMPORTANCE OF SOCIAL MEDIA IN THE FOOD MARKET 90

AKRİLİK KALINLAŞTIRICI MONOMER KOMPOZİSYONUNUN SU BAZLI BOYA PERFORMANSI VE REOLOJİSİ ÜZERİNE ETKİSİ 91

SİO2 KATKILI SÜPERHİDROFOBİK PCL YÜZEY ELDESİ 93

YILDIZ ŞEKİLLİ SIVI KRİSTAL POLİMERLERİN SENTEZİ VE KARAKTERİZASYONU 94

EĞİRDİR GÖLÜ SEDİMENTİNDE AĞIR METAL FRAKSİYONLARININ İNCELENMESİ 96

ON DIMENSIONS OF SPACES OF MODULAR FORMS 98

SULARDAN HUMİK ASİT GİDERİMİ İÇİN ADSORPSİYON YÖNTEMİNİN İNCELENMESİ 99

ALJİNAT HİDROJELLERİNİN TERMAL BOZUNMA MEKANİZMASININ ANALİZİ 101

DENEYSEL TASARIM YÖNTEMLERİ İLE BİR SANTRİFÜJ POMPA ÇARKINDA DENGELEME DELİĞİ OPTİMİZASYONU 102

SURUÇ (ŞANLIURFA) AKTARLARINDA FİTOTERAPİ AMAÇLI SATILAN BİTKİLER 104

AÇIK KAYNAK KODLU UZAKTAN EĞİTİM YAZILIMINA AİT KURULUM AŞAMALARININ OTOMATİKLEŞTİRİLMESİ 105

YERLİ ESTERKUAT BİLEŞİKLERİNİN ALTERNATİF YÖNTEMLERLE SENTEZLENMESİ 106

FULL PAPER PROCEEDINGS 107

KİMYASAL SİLAHLARDA KULLANILAN SİNİR AJANLARINI TESPİT ETMEYE YÖNELİK DİMETİL METİLFOSFONAT TEMELLİ POTANSİYOMETRİK SENSÖR GELİŞTİRİLMESİ 108

YANGIN VE İTFAİYE VAKALARI RİSK HARİTASININ HAZIRLANMASI 121

ALGEBRAIC OPERATIONS OF INTUITONISTIC FUZZY PARAMETERIZED INTUITIONISTIC FUZZY SOFT MATRICES AND THEIR APPLICATION TO A PERFORMANCE-BASED VALUE ASSIGNMENT PROBLEM 127

NUMERICAL SIMULATIONS OF MASS-SPRING-DAMPER SYSTEM USING A HYBRID METHOD 138

KÜRESEL UÇLU PARMAK FREZELEME İŞLEMİ İÇİN HİBRİT KESME KUVVETİ TAHMİNİ 152

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF USING ALUMINUM ALLOYS IN ELECTRIC VEHICLES PRODUCTION 161

BUHAR SIKIŞTIRMALI MEKANİK SOĞUTMA ÇEVRİMİNDE KULLANILAN FARKLI SOĞUTUCU AKIŞKANLARIN FARKLI EVAPORATÖR SICAKLIKLARINDA ENERJİ VE EKSERJİ ANALİZİ 167

AL7075–SİC–GR KOMPOZİT MALZEMEDE GRAFİT ORANININ MİKROYAPI VE MEKANİK ÖZELLİKLERE ETKİLERİ 174

KÜÇÜK ÖLÇEKLİ BİR RÜZGAR TÜRBİNİNDE MAKSİMUM GÜÇ NOKTASI TAKİBİNİN MİKRODENETLEYİCİ TABANLI GERÇEKLEŞTİRİLMESİ..... 182

GENETİK ALGORİTMA KULLANILARAK VALF NOKTA ETKİLİ EKONOMİK VE ÇEVRESEL YÜK DAĞITIMI 190

ÇİFT BESLEMELİ ASENKRON GENERATÖRÜN BACK TO BACK KONVERTÖR İLE ŞEBEKE BAĞLANTILI KONTROLÜ 203

İKİ ALANLI ENTERKONNEKTE GÜÇ SİSTEMİNİN OTOMATİK ÜRETİM KONTROLÜ 210

BOLU İLİNDE ALABALIK ÜRETİMİ, TESİSLERİN PROBLEMLERİ VE DAHA FAZLA ÜRETİM YAPILABİLMESİ İÇİN ÇÖZÜM ÖNERİLERİ 219

MHD SLIP FLOW IN A CIRCULAR DUCT WITH A CONDUCTING SECTION ON THE WALL 226

BOLU İLİNDE ALABALIK ÜRETİM TESİSLERİNDE YAYGIN OLARAK GÖRÜLEN HASTALIKLAR VE BU HASTALIKLARA KARŞI KULLANILAN İLAÇLAR..... 234

NODE MCU TABANLI WİFİ AĞI VE 2G M2M VERİ HATTI KULLANARAK KALİBRASYON VERİ AKTARIM SİSTEMİNİN TASARIMI 240

AKTİVATÖR TÜRÜNÜN ATIK BAZALT TOZU ESASLI JEOPOLİMER HARÇLARIN DAYANIM ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ 244

ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONLARININ GENETİK ALGORİTMA İLE OPTİMİZASYONU 249

ÇANKIRI'DAN ALINMIŞ JİPS ($CASO_4.2H_2O$) MİNERALİNİN LÜMİNESANS ÖZELLİKLERİ VE OPTİK UYARMANIN TERMOLÜMİNESANS SİNYALLERİ ÜZERİNE ETKİSİ 257

ASIC IMPLEMENTATION OF AN AES ACCELERATED RISC-V BASED SYSTEM ON CHIP..... 263

ON IMPORTANT IDENTITIES WITH BICOMPLEX LUCAS NUMBERS AND THEIR IDEMPOTENT REPRESENTATIONS 267

OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE KULLANILAN YENİ TREND HATASIZLAŞTIRMA VE ALTERNATİF KONTROL YÖNTEMLERİ 276

THE INFRARED BEHAVIOR OF THERMAL GLUON SELF-ENERGY IN LIGHT-CONE GAUGE..... 283

SIX-PHASE INDUCTION MOTOR CONTROL WITH SINUSOIDAL PULSE WIDTH MODULATION TECHNIQUE..... 291

ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONLARININ STANDARTLARI VE TÜRKİYE'DEKİ ELEKTRİKLİ ARAÇ DURUMU 299

ARAÇLARDA KULLANILAN LASTİK BASINÇ DEĞERİNİN, LASTİK KALİTE PARAMETRELERİNE VE LASTİK ÖMRÜNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ 309

LOW COST PORTABLE URINE ANALYSIS SYSTEM DESIGN BASED ON COLOR MEASUREMENT 315

İTAKONİK ASİT VE STEARİL METAKRİLAT BAZLI HİDROJELLERİN SENTEZİ VE ŞİŞME DAVRANIŞI..... 324

İTAKONİK ASİT VE STEARİL METAKRİLAT BAZLI SÜPER ABSORPLAYICI POLİMERLERİN ŞİŞME DAVRANIŞINA VE KAPASİTESİNE PH VE SICAKLIĞIN ETKİSİ 330

KİLİN KİREÇ VE ÇİMENTO İLE STABİLİZASYONU 336

HİDROLİK SİSTEMLERDE KULLANILAN KONTRALI DİRSEKTE MEYDANA GELEN AKIŞIN DENEYSEL VE SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ..... 344

CMS MU+VBF TRIGGER PERFORMANCE WITH 2017 DATA 352

PİSTON TASARIMI VE FARKLI YAKIT KARIŞIMLARININ DİREKT ENJEKSİYONLU BİR HCCI MOTORDA YANMAYA ETKİLERİNİN SONLU HACİMLER METODU İLE İNCELENMESİ 357

EFFECTS OF *PEGANUM HARMALA*, A MEDICINAL PLANT, ON AGGREGATION PROPERTIES OF THE PROBIOTIC BACTERIUM *LACTOBACILLUS RHAMNOSUS*..... 365

FİBER TAKVİYELİ POLİMER MATRİSLİ KOMPOZİTLERİN LAZER ABLASYONU..... 371

MRI BRAIN TUMOR CLASSIFICATION USING TEXTURE FEATURES AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORK 382

BARET KAZIKLARIN EKSENEL YÜK ALTINDAKİ DAVRANIŞININ İNCELENMESİ 387

AKILLI ŞEBEKE UYGULAMALARINDA ORTA GERİLİM ENERJİ İZLEME SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ "BİR HAVAALANI ÖRNEĞİ" 394

EFFECTS OF *THYMBRA SPICATA* L. (ZAHTER), A MEDICINAL PLANT, ON AGGREGATION PROPERTIES OF PROBIOTIC BACTERIUM *L. RHAMNOSUS* GG 401

DES ALGORİTMASININ DNA MODELLENMESİ İLE PERFORMANS ANALİZİ 406

GÜÇ SİSTEMLERİNDE SENKRON GENERATÖR MODELLERİ İLE GERİLİM KARARLILIĞI ANALİZİNİN İNCELENMESİ 412

EŞ KANALLI AÇISAL PRESLEME (EKAP) YAPILAN AA6082 ALAŞIMININ İŞLENEBİLİRLİĞİNDE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN İNCELENMESİ 420

GENİŞLEMELİ EŞ KANALLI AÇISAL PRESLEME (GEN.-EKAP) PROSESİNİN SAF BAKIRIN İŞLENEBİLİRLİĞİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ 427

INVITATION TO USING N-SCALE CALCULUS IN PHYSICS AND FUTURE OPPORTUNITIES 433

SAE 1040 ÇELİĞİNİN RECKWALLS İŞLEMİ İLE SICAK DÖVÜLEBİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ 437

DÖKÜM CORSON ALAŞIMLARININ MİKROYAPISAL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN KARAKTERİZASYONU 445

PID VE KAYMA KİPLİ KONTROL YÖNTEMLERİ İLE GERÇEK ZAMANDA DC MOTOR HIZ KONTROLÜ 451

TERMO-KİMYASAL YÖNTEMLERLE YÜZEYİ MODİFİYE EDİLMİŞ 16MNCR5 ÇELİĞİNDE MİKROYAPI VE MEKANİK ÖZELLİKLER ÜZERİNE KRİYOJENİK İŞLEMİN ETKİSİ 458

THE EFFECT OF INFILL PATTERN ON MECHANICAL PROPERTIES OF MATERIALS PRODUCED BY FUSED DEPOSITION MODELING 464

ASSURE ÖĞRETİM TASARIMI UYGULAMALARININ ÖĞRENCİLERİN AKADEMİK BAŞARISI ÜZERİNE ETKİSİ 471

DÜŞÜK SEVİYELİ SANAL MAKİNE PROJESİ İLE DERLEYİCİ TASARIM ÖRNEĞİNİN GERÇEKLEMESİ 478

HİDROJEN-BROM AKIŞ PİLİ İÇİN BİYOKÜTLE KAYNAKLI KARBON KATALİZÖR SENTEZİ 486

DOĞRUDAN HAVA YAKALAMA TEKNOLOJİSİ VE YAYILMASINDAKİ BELİRSİZLİKLERİN DEĞERLENDİRMESİ 493

KUANTUM NOKTA ARAYÜZ KATMANI KULLANILARAK PEROVSKİT GÜNEŞ PİLLERİNİN VERİMLİLİĞİNİN ARTIRILMASI 501

AKILLI ŞEHİRLERDE ORMAN YANGINLARI ÖZELİNDE AFET VE ACİL DURUM YÖNETİMİ 507

ASSESSING THE GENOTOXIC EFFECTS OF D-GLUCOSE AND SUCROSE IN *DROSOPHILA MELANOGASTER* 516

CBS DESTEKLİ HEYELAN DUYARLILIK HARİTALAMASI: UZUNDERE, ERZURUM 522

NAPROKSENİN ATIK SULARDAKİ VARLIĞI VE GİDERİM YÖNTEMLERİ 529

ATIK SULARDA COVİD-19 VARLIĞI VE POTANSİYEL ETKİLERİ 538

OLUKLU MUKAVVANIN MUKAVEMET STANDARTLARINI BELİRLEMEK İÇİN MATEMATİKSEL YÖNTEM 546

***LEMON VERBENA* OTU İLE SÜPERKRİTİK CO_2 EKSTRAKSİYON CİHAZI OPTİMİZASYONU 553**

BULGUR KAYNATMA SUYU İLE YAPILAN ŞALGAMIN DUYUSAL ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI 560

OPTICAL PROPERTIES OF TiO_2/SNO_2 NANOCOMPOSITES DEPENDING ON [Ti/Sn] MOLAR RATIO 565

FOTOVOLTAİK GÜNEŞ SANTRALLERİ İLE ŞEBEKE BAĞLANTILI ELEKTRİK ÜRETİM SİSTEMLERİNDE DÜNYADAKİ VE TÜRKİYE'DEKİ GELİŞMELER 570

CU VE Ni GÖMÜLÜ GRAFEN YÜZEYLER ÜZERİNDE MgH_2'NİN ADSORPSİYONU VE Mg-H BAĞ AKTİVASYONU 577

3B YAZICI KULLANARAK MEKANİK PARMAK PROTEZİ TASARIMI VE ÜRETİMİ 584

MOBİL UYGULAMA KONTROLLÜ AKILLI HASTA ODASI TASARIMI 588

TAM AKROMATOPSİ HASTALIĞINDA KULLANILACAK RENK ALGILAYICI CİHAZ TASARIMI 593

YALIN FELSEFE KAPSAMINDA İÇ LOJİSTİK OPTİMİZASYONU: ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ UYGULAMASI ... 605

BİR DİREKSİYON KOLONUNUN MAGSİMAL 59 ENJEKSİYON DÖKÜM YÖNTEMİ İLE İMALATI İÇİN MALZEME SEÇİMİ VE ÜRETİM METOTLARI 612

PERFORMANCE EVALUATION OF PANSHARPENING METHODS ON HYPERSPECTRAL IMAGES 620

OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE DİJİTALLEŞME SONUCU İŞ GÜCÜ VERİM ANALİZİ 624

TEKSTİL ÜRETİMİNDE DİKİMHANE ATÖLYESİNDE HATA ANALİZİ UYGULAMASI 633

BRIEFLY ABOUT

International Marmara Science Congress was held between 4-5 December 2020 by Kocaeli University and Gölcük Municipality. The congress aims to bring together researchers whose working on interdisciplinary subjects in science and social sciences and also to establish an effective communication platform between them. In congress;

In Sciences; Acoustical Engineering, Astrophysics, Astronomy and Space Sciences, Atmospheric Sciences, Bacteriology, Fisheries Sciences, Computer Engineering, Building Services Engineering, Plant Sciences, Biochemistry Biodiversity, Biology, Biomedical Engineering, Botany, Environmental Science Environmental Engineering, Ecology, Electrical Engineering, Electrical Engineering , Electronics Engineering Industrial Engineering, Energy Engineering, Pharmacology, Physics and Physics Engineering, Physical Sciences, Physiology, Genetic Engineer, Geotechnical Engineering, Food Engineering, Climate and Climate Change, Civil Engineering, Statistics and Actuarial Sciences, Geophysics, Geophysical Engineering, Geology, Geological Engineering, Chemistry, Chemical Engineering, Mechanical Engineering, Materials Engineering, Mathematics, Mechatronics Engineering, Meteorology, Microbiology, Molecular Biology and Genetics, Molecular Engineering, Nano Engineering, Nuclear Engineering, Optics M Engineering, Automotive Engineering, Petroleum Engineering, Psychology, Agricultural Engineering, Transportation Engineering, Applied Engineering Sciences, Space Engineering, Production Engineering, Software Engineering, Earth Sciences

The language of the congress is English or Turkish, and all full papers and abstracts submitted for publication in the congress on current issues have been evaluated by at least two referees by the blind reviewing method. 146 papers, abstracts and posters were accepted for oral presentation and publication as a result of peer review. We would like to thank all the researchers who have shown interest in the Congress..

IMASCON 2020 ORGANIZATION

IMASCON 2020, organized by Kocaeli University (KOÜ) and Gölcük Municipality and also sponsored by Kocaeli Metropolitan Municipality, Kartepe Municipality, Körfez Municipality and East Marmara Development Agency.

Imascon 2020 General Chair

Öznur GÖKKAYA (KOÜ)

Organizing Committee

Eda BEZHANI (Aleksander Moisiu Durres University, Albania)

Flora MERKO (Aleksander Moisiu Durres University, Albania)

Lyudmyla SYMOCHKO (Uzhhorod National University, Ukraine)

Luis M. F. ROSEIRO (ISEC, Portuga)

Hysen MANKOLI (Health and Environment, USA)

Reyhan DADASH (Azerbaycan Devlet Pedagoji Üniversitesi, Azerbaycan)

Violeta NEZA (Aleksander Moisiu Durres University, Albania)

Daniela LIKA (Aleksander Moisiu Durres University, Albania)

Fernando Domingues MOITA (ISEC, Portuga)

Şükrü DURSUN (Konya Teknik Ü)

Arif ÖZKAN (Kocaeli Ü)

Serdar BİROĞUL (Düzce Ü)

Ömer GÜNGÖR (Kocaeli Ü)

Mustafa OF (Kocaeli Ü)

Barış DEMİR (Kocaeli Ü)

İsmail KILIÇASLAN (Kocaeli Ü)

Kazım KAHRAMAN (Kocaeli Ü)

SCIENTIFIC COMMITTEE

Prof. Dr. Ahmet Küçük, Kocaeli University

Prof. Dr. Alaeddin Bobat, Kocaeli University

Prof. Dr. Durmuş Kaya, Kocaeli University

Prof. Dr. Engin Özdemir, Kocaeli University

Prof. Dr. Fatma Çanka Kılıç, Kocaeli University

Prof. Dr. C. Gazi Uçkun, Kocaeli University

Prof. Dr. Hanefi Bayraktar, Bayburt University

Prof. Dr. Hasan Latif, Kocaeli University

Prof. Dr. Hristo Ivanov Katrandzhiev, Marketing and Strategic Planning, University of National and World Economy, Bulgaria

Prof. Dr. Hysen Mankolli, Editor of IJEES, Health and Environment Association, U.S.A.

Prof. Dr. İlyas Uygur, Düzce University

Prof. Dr. Juan Carlos, Roca Unıversıty Of Huelva, Spain

Prof. Dr. Kadri Süleyman Yiğit, Kocaeli University

Prof. Dr. Luis M. F. Roseiro, ISEC

Prof. Dr. Maan T. J. MAAROOF, Mousul University, Iraq

Prof. Dr. Mahmut Durmuş, Gebze Teknik University

Prof. Dr. Mehmet Demirtaş, Bitlis Eren University

Prof. Dr. Melda Yardımoğlu Yılmaz, Kocaeli University

Prof. Dr. Mustafa Yaşar, Karabük University

Prof. Dr. Nardane Yusifova, Azerbaycan Milli ilimler Akademisi, Milli Tarih Müzesi

Prof. Dr. Novo Palakalovic, Faculty of Economics, University of East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina

Prof. Dr. Olena Demyanyuk, Institute of Agroecology and Environmental Management, Ukraine

Prof. Dr. Orhan Gezici, Ömer Halis Demir University

Prof. Dr. Osman Taylan, King Abdulaziz University, Saudi Arabia

Prof. Dr. Resul Kara, Düzce University

Prof. Dr. Sibel Zor, Kocaeli University

Prof. Dr. Şükrü Dursun, Konya Teknik University

Prof. Dr. Tamara Milenkovic Kerkovic, Faculty of Economics, University of Nis, Serbia

Assoc. Prof. Dr. Azeta Tartaraj, Aleksander Moisiu Durres University, Albania

Assoc. Prof. Dr. Flora Merko, Aleksander Moisiu Durres University, Albania

Assoc. Prof. Dr. Eda Bezhani, Aleksander Moisiu Durres University, Albania

Assoc. Prof. Dr. Brunela Trebicka, Aleksander Moisiu Durres University, Albania

Assoc. Prof. Dr. Etem Yeşilyurt, Akdeniz University

Assoc. Prof. Dr. Lyudmyla Symochko, Uzhhorod National University, Ukraine

Assoc. Prof. Dr. Nagip Skenderi, Faculty of Economy, University of Prishtina, Kosovo

Assoc. Prof. Dr. Natalya Gudkova, The State Ecological Academy, Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine

Assoc. Prof. Dr. Seher Uçkun, Kocaeli University

Assoc. Prof. Dr. Ylber Aliu, AAB College, Public Administration Faculty, Kosovo

Assoc. Prof. Dr. Yoshito Ando, Kyushu Institute of Technology

Assoc. Prof. Dr. Arif Özkan, Kocaeli University

Assoc. Prof. Dr. Ayşe GÜNSEL, Kocaeli University

Assoc. Prof. Dr. Erdinç Doğancı, Kocaeli University

Assoc. Prof. Dr. Fatih Koç, Kocaeli University

Assoc. Prof. Dr. Halil Atmaca, Artro Klinik

Assoc. Prof. Dr. Hasan Kaya, Kocaeli University

Assoc. Prof. Dr. Hüseyin Dikme, İstanbul Gelişim University

Assoc. Prof. Dr. Samad Rahimi Aghdam, Tabriz University

Assoc. Prof. Dr. Selda Uca, Kocaeli University

Assoc. Prof. Dr. Sinan Aydın, Kocaeli University

Assoc. Prof. Dr. Şükran Güzin Ilıcak Aydınalp, İstanbul Gelişim University

Assist. Prof. Dr. Mazin Nazar Fadhel, College of Environmental Science and Technology Mosul university, Musul, IRAQ

Assist. Prof. Dr. Mehlika Kocabaş Akay, Kocaeli University

Assist. Prof. Dr. A. Arzu Arı Bural, Kocaeli University

Assist. Prof. Dr. Aslıhan Kuyumcu Vardar, Düzce University

Assist. Prof. Dr. Fatih Sevgi, Selçuk University

Assist. Prof. Dr. Oğuz Polatel Kocaeli University

Assist. Prof. Dr. Larissa Shragina, Odessa I. I. Mechnikov University

Assist. Prof. Dr. Seyil Najımudınova, Kırgızistan Türkiye Manas University

Assist. Prof. Dr. Vetan Tümen, Bitlis Eren University

Assist. Prof. Dr. Vystavkina Daria, Odessa I. I. Mechnikov University

Phd. Alba Ramallari, Economics Department Faculty of Bussines “Aleksandër Moisiu” University Durrës, Albania

Phd. Alma Zisi, Economics Department Faculty of Bussines “Aleksandër Moisiu” University Durrës, Albania

PhD. Blerina Vrenozi, Tirana University, Albania

PhD. Mirela Alushllari, University of Albania, Albania

PhD. Jonida Gashi, Aleksander Moisiu Durres University, Albania

PhD. Olta Nexhipi, “Aleksandër Moisiu” University Durrës, Albania

PhD. Sonila Zerelli, Aleksander Moisiu Durres University, Albania

PhD. Violeta Neza, Aleksander Moisiu Durres University, Albania

PhD. Cand. Ariola Harizi, Aleksander Moisiu Durres University, Albania

PhD. Saeid Shojaei, University of Tabriz · Department of Electronics and Photonics

PhD. Ada Aliaj, “Aleksandër Moisiu” University Durrës, Albania

PhD. Moses M. Solomon, King Fahd University of Petroleum and Minerals

PhD. Emma Gurashi Nikolaoy, University Of Patras, Greece

PhD. Hisham M. Alidrisi, King Abdulaziz University, Saudi Arabia

PhD. Thawee Numsakulwong, Rajamangala University of Technology Isan, Tayland

PhD. Reyhan Dadash, Azerbaycan Devlet Pedagoji Üniversitesi, Azerbaycan

Lect. Daniela Lika, Aleksander Moisiu Durres University, Albania

IMASCON 2020 INVITED SPEAKERS



Prof. Dr. Tamara Milenkovic Kerkovic, University of Nis, Commercial Law and International Trade Law, Serbia



Prof. Dr. Mehmet Demirtaş
Bitlis Eren University, History, Türkiye



Assoc. Prof. Dr. Vijay Tallapgrada, National Oceanic and Atmospheric Administration, U.S.A.



Assoc. Prof. Dr. Nihat Çubukçu, RenaissanceRe Risk Sciences Inc, U.S.A.



Assoc. Prof. Dr. Flora Merko, "Aleksandër Moisiu" University Durrës, Albania



Assoc Prof.., Dr. Lyudmyla Symochko
Uzhhorod National University,
Institute of Agroecology and Environmental Management NAAS , Ukraine



Assoc., Prof. Dr. Mehboob Nagarbawdi, Aki's Poona College Of Arts, Science & Commerce, India



Assoc. Prof. Dr. Nagip Skenderi, University of Prishtina, Kosovo



Assoc. Prof. Dr. Ylber Aliu, AAB College, Public Administration Faculty, Kosovo



Assoc. Prof. Dr. Murzakmatov Amanbek Kamytovich, Osh State University, Philosophical Sciences, Kyrgyzstan



Principal Dr.Abbas Lokhandwala, Suryadatta College Of Management Information Research And Technology, Pune, India



Assist. Prof. Dr. Vedat Tümen, Bitlis Eren University, Computer Engineering, Türkiye



Dr. Blerina Vrenozi, University of Tirana, Faculty of Natural Sciences, Albania

CONGRESS PROGRAMME

4 December 2020 Friday

The Start of Registration Process

OPENING SPEECHES - 10:00 / 11:00

- National Anthem and Moment of Silence
- Short Film of Municipality Gölcük
- Short Film of Kocaeli University
- Assoc.Prof. Dr. Öznur GÖKKAYA, President of Imascon Congress
- Av. Ali Yıldırım Sezer, Lawyer, Mayor of Gölcük
- Prof. Dr. Sadettin Hülagü, Rector of Kocaeli University
- Assoc.Prof. Dr. Tahir BÜYÜKAKIN, Kocaeli Metropolitan Mayor

IMASCON PANEL I – 11:15 / 12:30	
Prof. Dr. Ahmet Küçük, Vice Rector of Kocaeli University	**Normalization Process During the Global Epidemic Period** Chairman: Assoc. Prof. Dr. Arif ÖZKAN Kocaeli University
Attorney at Law. Ali Yıldırım Sezer, Mayor of Gölcük City	
Dr. Metin Şentürk, Head of the City Council of Gölcük	
Caferi Tayyar Mert, National Education Manager Of Gölcük City	
PhD Candidate Yalçın Yılmaz, Gölcük Municipality, Journalist	
IMASCON PANEL II – 14:00 / 14:45	
Prof. Dr. Tamara Milenkovic Kerkovic, University of Nis, Serbia	**Normalization Process During the Global Epidemic Period**
Prof. Dr. Luis Manuel Ferreira Roseiro, Coimbra Polytechnic-ISEC, Portugal	
Assoc. Prof. Dr. Doğan Yüksel, Kocaeli University, Türkiye	
Assoc. Prof. Dr. Flora Merko, Aleksandër Moisiu University, Albania	
Assoc. Prof. Dr. Mehboob Nagarbawdi, Aki's Poona College Of Arts, Science & Commerce, India	
Principal Dr. Abbas Lokhandwala, Suryadatta College Of Management Information Research And Technology, India	
Dr. Blerina Vrenozi, University of Tirana, Albania	
IMASCON PANEL II – 14:00 / 14:45	
Prof. Dr. Mehmet Demirtaş Bitlis Eren University, Türkiye	**Normalization Process During the Global Epidemic Period**
Assoc Prof., Dr. Lyudmyla Symochko Uzhhorod National University, Ukraine	
Assoc. Prof. Dr. Nihat Çubukçu, National Oceanic and Atmospheric Administration, U.S.A.	
Assoc. Prof. Dr. Vijay Tallapgrada, National Oceanic and Atmospheric Administration, U.S.A.	
Assoc. Prof. Dr. Murzakmatov Amanbek Kamytovich, Osh State University, Kyrgyzstan	
Assoc. Prof. Dr. Ylber Aliu, AAB College, Public Administration Faculty, Kosovo	
Assoc. Prof. Dr. Nagip Skenderi, University of Prishtina, Kosovo	
Assist. Prof. Dr. Vedat Tümen, Bitlis Eren University, Computer Engineering, Türkiye	

ORAL PRESENTATIONS		
4 December 2020	**SESSION 1**	**Time 14:00 – 15:15**
IMASCON Session 1.1 / 14:00 – 15:15 Hall : 1		**4 December 2020**
SESSION CHAIR : Assoc.Prof.Dr. Erdinç DOĞANCI		
Assoc.Prof.Dr. Erdinç DOĞANCI	Synthesis And Characterization Of Star-Shaped Liquid Crystal Polymers	
Dr. Ozan YAĞMUROĞLU	Development of Dimethyl Methylphosphonate Based Potentiometric Sensor for Detecting Nerve Agents Used in Chemical Weapons	
Kevser ERBALCI	The Effect Of Ph And Temperature On The Swelling Capacity Of Itaconic Acid And Stearyl Metacrylate Based Super Absorplant	
Seda KARABULUT	Uv Curable Transparent Anti-Fog Coating	
Kevser ERBALCI	Synthesis And Swallowing Behavior Of Itaconic Acid and Stearyl Metacrilate-Based Hydrogels	
IMASCON Session 1.2 / 14:00 – 15:15	**Hall : 2**	**4 December 2020**
SESSION CHAIR : Assoc.Prof.Dr. Hasan KAYA		
Kerim ÖZBEYAZ	Investigation Of Surface Roughness In Machinability of Aa6082 Alloy Processed By Equal Channel Angular Pressing (Ecap)	
Serkan ÖĞÜT	Investigation of the Effects of Expansion Equal-Channel Angular Pressing (Exp.-ECAP) Process on the Machinability of Pure Copper	
Çiğdem DİNDAR	The Effect Of Infill Pattern On Mechanical Properties Of Materials Produced By Fused Deposition Modeling	
Selahattin SEFACI	Balancing Hole Optimization In A Centrifugal Pump Impeller With Experimental Design Methods	
Fatih Selman EREN	Investigation The Causes Of Ball Stud Fracture Via Finite Element Analysis	
Assoc. Prof. Dr. Lyudmyla Symochko	Soil Resistome And Microbial Diversity As Main Aspects Of Food Security	
Assoc. Prof. Dr. Lyudmyla Symochko	Environmental Antibiotic Pollution - Impact On Soil Microbiome	

IMASCON Session 1.3 / 14:00 – 15:15	**Hall : 3 4 December 2020**
SESSION CHAIR : Assist.Prof.Dr. Fatma TURNA DEMIR	
Assist.Prof.Dr. Fatma TURNA DEMIR	Assessing the genotoxic effects of D-Glucose and Sucrose in Drosophila melanogaster
Dr. Kamil Candan	Sexual Dimorphism in the Lacertid Lizard Apathya cappadocica (Werner, 1902) (Reptilia: Lacertidae) from Turkey
Assist.Prof.Dr. Berna KAVAKCIOĞLU YARDIMCI	Imidazole Antifungals: A Review Of Their Action Mechanisms On Cancerous Cells
Mustafa AVŞAR	Biodiversity of Turkey's Opiliones (ARACHNIDA: OPILIONES)
Dr. Burcu ŞABANOĞLU	Comparative morphology of the spermatheca in some subfamilies of Cerambycidae (Coleoptera, Chrysomeloidea)
Sara ROUHANDEH	Use of bacteria as medicine and drug transmission
Nurullah Öztürk	Trout Production In Bolu Province, Common Diseases In Facilities And Drugs Used Against These Diseases
IMASCON Session 1.4 / 14:00 – 15:15	**Hall :4 4 December 2020**
SESSION CHAIR : Assist.Prof.Dr. Başak GÖKÇE	
Assist.Prof.Dr. Başak GÖKÇE	The Effects Vitamin E, Vitamin C and Selenium Supplements on Serum Paraoxonase-1 Activity
Saad HUSSEIN	Low cost portable urine analysis system design based on color measurement
Mohammed ALBABA	Deep Learning-Based Activity Tracking Using Mobile Sensors
Çağatay Taşdemirci	Mechanical Finger Prosthesis Design And Manufacture Using A 3d Printer
Çağatay Taşdemirci	Smart Patient Room Design With Mobile Application Control
Çağatay Taşdemirci	Design Of Color Sensor Device To Be Used In Full Acromatopsy
Discussion	

ORAL PRESENTATIONS		
4 December 2020	**SESSION 2**	**Time 15:30 – 16:45**
IMASCON Session 2.1 / 15:30 – 16:45	**Hall : 1**	**4 December 2020**
SESSION CHAIR : Assist.Prof.Dr. Hakan Kaygusuz		
Assis. Prof. Dr. Hakan Kaygusuz	Analysis of the thermal degradation mechanism of alginate hydrogels	
Şeyda YALÇIN	Synthesis, Characterization And Absorption Properties Of Disazo Dyes Containing Some Phenolic Benzoic Acid	
Assist.Prof.Dr. Zekeriyya Bahadır	Development deep eutectic solvent assisted microextraction (DESAME) method for preconcentration of palladium ions	
Selenay Hümeyra FURAT RENÇBER	Effects of Atorvastatin and Cinnamomum sp treatments on liver of Streptozotocin (STZ)-induced diabetic rat model: Histological and biochemical study	
Serkan Kırca	VEHICLE and LICENCE PLATE RECOGNITION	
IMASCON Session 2.2 / 15:30 – 16:45	**Hall : 2**	**4 December 2020**
SESSION CHAIR : Assoc.Prof.Dr. Hasan KAYA		
Lecturer Osman ÜNAL	Numerical Simulations Of Mass-Spring-Damper System Using A Hybrid Method	
Dr. Mehmet AYDIN	Hybrid Cutting Force Prediction For Ball-End Milling Process	
Halit Can VİDİNLİOĞLU	Energy And Exergy Analysis Of Different Refrigerants Used In The Steam Compressed Mechanical Cooling Cycle At Different	
Semih Çağlar TAŞ	Investigation Of Dependent And Independent Variables In Forming Method In Fastener Production	
Aygen Ahsen ERDOĞAN	New Trend Error Proofing Systems And Alternative Control Methods Used In Automotive Sector	
Orkan Baran KORKUSUZ	Laser Ablation Of Fiber Reinforced Polymer Matrix Composites	
IMASCON Session 2.3 / 15:30 – 16:45	**Hall : 3**	**4 December 2020**
SESSION CHAIR : Assoc.Prof.Dr. Nilüfer Yıldız VARAN		
Assoc.Prof.Dr. Nilüfer Yıldız VARAN	Triclosan Antimicrobials On Woven Clothings and Their Characterization	
Dr. Burcu ŞABANOĞLU	A Study on Elytral Pattern Variations of Plagionotus (Echinocerus) floralis (Pallas, 1773) (Coleoptera: Cerambycidae, Cerambycinae)	
Betül Gülfem BAŞAKIN	Estimation Of Body Fat Percentage By Machine Learning Methods	
Seda BEYAZ	The An Overview Of Present Global Pandemia: Covid-19	
Ebru KÖROĞLU	Effects Of Thymbra Spicata L. (Zahter), A Medicinal Plant, On Aggregation Properties Of Probiotic Bacterium L. Rhamnosus Gg	
Dr. Ayşenur KAYABAŞ	Gypsum Habitats Of The Çankiri Province As A Biogeological Heritage	
Sedat KÜÇÜKBAŞ	Trout Production In Bolu Province, Problems Of Facilities And Solution Recommendations For More Prsduction	

IMASCON SESSION 2.4 /15:30 – 16:45	**Hall : 4 4 December 2020**
SESSION CHAIR : Assoc. Prof. Dr. Hakan Köylü	
Burhan AKSOY	Microcontroller Based Realization of Maximum Power Point Tracking in a Small Scale Wind Turbine
Erol KUCUK	Investigation Of Medium Voltage Energy Monitoring Systems In Smart Grid Applications "Example Of An Airport"
Abdurrahman YOLUN	Production and Investigation of Electrochemical Properties of Ho doped NaFePO4 Cathode Material
Ahmet YILDIZ	Direct Air Capture Technology - Assessment Of Uncertainties For The Deployment
Eissa AL-SHAGEA	Developments Of Grid Connected Solar Photovoltaic Electric Production Systems In The World And Turkey
Assoc. Prof. Dr. Hakan Köylü	Material Selection And Production Methods For Manufacturing A Steering Column Using Magsimal 59 Injection Casting Method
Discussion	

ORAL PRESENTATIONS		
4 December 2020	**SESSION 3**	**Time 17:00 – 18:15**

IMASCON Session 3.1 / 17:00 – 18:15	**Hall : 1 4 December 2020**
SESSION CHAIR : Assist.Prof.Dr. Merve DANDAN DOĞANCI	
Assist.Prof.Dr. Merve DANDAN DOĞANCI	Preparation Of SiO2 Based Superhydrophobic Pcl Surfaces
Güler HASIRCI	Pervaporation-Assisted Glycerol Carbonate Synthesis
Güler HASIRCI	Investigation Of Fuel Additives Solketal And Solketal Tertiary Butyl Ether Production
Burcu KIRTOKLU	Biomass Based Carbon Catalyst Synthesis and Characterization for Hydrogen-Bromine Redox Flow Cell Cathode
Esra YUMAT	Investigation of Adsorption Method for Humic Acid Removal from Water
IMASCON Session 3.2 / 17:00 – 18:15	**Hall : 2 4 December 2020**
SESSION CHAIR : Assoc.Prof.Dr. Hasan KAYA	
Sedef Akyol KILIÇ	The Analysis For Efficiency Of Work Force As Result Of Digitization In The Automative Industry
Yavuz Selim Korkmaz	Experimental and Numerical Investigation of the Flow in the Adjustable Elbow Couplings in Hydraulic Systems
Murat MERMER	Cold Forging Mold Analysis And Results Investigation With Simulation
Radhwan Ali ABDULGHANI SALEH	A Development Of Neural Network Model For Recognizing Red Palm Weevil Insects Based On Image Processing
Semih ÖNGİR	Investigation Of The Effects Of Tire Pressure Value Used In Vehicles On Tire Quality Parameters And Tire Life

IMASCON Session 3.3 / 17:00 – 18:15	**Hall : 3**	**4 December 2020**
SESSION CHAIR : Assit. Prof. Dr. İbrahim MUTLU		
Soner ÖNER	Examination On Sae 1040 Steel Hot Forged By Reckwalls Process	
Volkan TERZIOĞLU	Characterization Of Microstructural And Mechanical Properties Of Cast Corson Alloys	
Tolga ÖZYÖN	Effect Of Cryogenic Process On Microstructure And Mechanical Properties Of 16mncr5 Steel Surface Modified By Thermo-Chemical Processes	
Volkan Şenol	Optimization Of Interface Properties Through Anodization Before Hydroxyapatite Coating By Electrophoretic	
Seçkin ŞİMŞEK	Investigation Of Compatibilizer Effect On The Propertes Of Abs/Pa6 Blend	
Kudret Köse	Investigation Of The Effects Of Piston Design And Different Fuel Mixtures On Combustion In A Direct Injected Hcci Engine With Finite Volume Method	
IMASCON Session 3.4 / 17:00 – 18:15	**Hall : 4**	**4 December 2020**
SESSION CHAIR : Assist.Prof.Dr. Kubilay KARACİF		
Assist.Prof.Dr. Kubilay KARACİF	Effects Of Graphite Ratio On Microstructure And Mechanical Properties Of Al7075–Sic–Gr Composite Material	
Zeycan KALKAN	Electrochemical Enzymatic Biosensor Development By Using Different Electropolymerization Conditions Of Polyaniline	
Fatih KÖSE	Speed Control Of Dc Motor In Real-Time With Pid And Sliding Mode Control Methods	
İsmail Malik KUNDAKCI	Rolling Bearing Anomaly Detection with Vibration Signals	
Assist.Prof.Dr. Fatma SARF	Optical Properties Of Tio2/Sno2 Nanocomposites Depending On [Ti/Sn] Molar Ratio	
Discussion		
ORAL PRESENTATIONS		
4 December 2020	**SESSION 4**	**Time 18:30 – 19:45**
IMASCON Session 4.1 / 18:30 – 19:45	**Hall : 1**	**4 December 2020**
SESSION CHAIR : Assist.Prof.Dr. Serdar SOLAK		
Assist.Prof.Dr. Serdar SOLAK	The Example Of Compiler Design With Low Level Virtual Machine Project	
Assist.Prof.Dr. Serdar SOLAK	The Diagnosis Of Covid-19 In The Lung Using Artificial Intelligence In X- Ray Images	
Hatice Elif EKİM	Twitter Text Analysis on the Airline Industry and Classification of Tweets According to Common Frequently Asked Questions Headlines	
Nagmy Ali Abdulgani SALEH	Mask Recognition Based On Texture And Color Moments Features	
Egemen Cumhur KALELİ	Design Of Calibration Data Transmission System Using Node MCU Based WiFi Network and 2G M2M Data Line	
Nadhem Nedhal ABDO QAID	Mri Brain Tumor Classification Using Texture Features And Artificial Neural Network	

IMASCON Session 4.2 / 18:30 – 19:45	**Hall : 2** **4 December 2020**
SESSION CHAIR : Dr. Talip ÇELİK	
Furkan TALO	Performance Analysis Of Des Algorithm with DNA Modeling
Osman Bedrettin YÜCE	Automating the installation steps of open source distance education software
Ghadir Abdulhakim A. A. Alselwi	Arabic Sign Language Recognition: A Review
Eren ÖZHAN	A Research On The Reasons Of Failure In The Adaptations Of Erp Applications Of Companies.
Fehime YİGİT	Covid-19 Detection With Machine Learning-Based Ct Texture Analysis
İbrahim AYAZ	Determination of Lesion Density from CT Images of COVID-19 Patients Using Deep Learning and Fuzzy Methods
M.Ahmet DEMİRTAŞ	Deep learning methods used in 3D object recognition with point cloud
IMASCON Session 4.3 / 18:30 – 19:45	**Hall : 3** **4 December 2020**
SESSION CHAIR : Assit. Prof. Dr. İbrahim MUTLU	
Eda Nur ARIKAN	The Change of pH and EC in Natural Treatment With Grass Plant (Lolium Perenne L.) of Soils Exposed to Heavy Metal Pollution
Esra CAN	Evaluation of Some Soil Properties with Geographical Information Systems (GIS) in Nevşehir organized industrial zone
Esra ŞAHİN	Recovery Methods And Waste Management Of Wastes From Jewelery With Ramat Sector
Hakan ŞENÇİMEN	Investigation Chemical Fractions Of Heavy Metal In The Sediment Of Eğirdir Lake
Esin KACIRA	Naproxen Existence In Wastewaters And Treatment Methods
Elif DURNA	Covid-19 Presence and Potential Effects in Wastewater
IMASCON Session 4.4 / 18:30 – 20:00	**Hall : 4** **4 December 2020**
SESSION CHAIR : Assist.Prof.Dr. Ayten YILMAZ	
Assist.Prof.Dr. Volkan Yilmaz	Performance Evaluation Of Pansharpening Methods On Hyperspectral Images
Ensar AYAN	Stabilization Of Clay With Lime And Cement
Mahmut YETİŞİR	Prediction of Standart Precipitation Index Values of Konya Province by Using Hybrid Machine Learning Methods
Merve ERGINER	Investigation Of The Behavior Of Barrette Piles Under xial Load
Assist.Prof.Dr. Serhat ÇELİKTEN	The Influence Of Activator Type On The Mechanical Properties Of Waste Basalt Powder-Based Geopoltmer Mortars
Assist.Prof.Dr. Ayten Yılmaz	Plant Logistics Optimization within the Scope of Lean Philosophy: Vehicle Routing Application Problem
5 December SATURDAY	

ORAL PRESENTATIONS		
5 December 2020	**SESSION 5**	**Time 10.30 – 11:45**

IMASCON Session 5.1 / 10:30 – 11:45	**Hall : 1**	**5 December 2020**
SESSION CHAIR : Doç.Dr. Arif ÖZKAN		
Çağatay Taşdemirci	Designing Electric Vehicle And Charging Station By Using Super Capacitor	
Salih Burak KEMER	A Comparison of Secondary Sided AC/ DC Rectifier Systems for Wireless Charging Systems	
Eyüp Ertuğrul KARAKUZULU	Increasing Efficiency Of Perovskite Solar Cells Using Quantum Dot İnterface Layer	
Büşra ÖZEN	Battery Analysis In Hybrid Electric Vehicles With The Advisor Program	
Cenk ANDİÇ	Economic And Environmental Dispatch With Valve Point Effect Using Genetic Algorithm	
Enes KAYMAZ	Analysis Of Voltage Stability With Synchronous Generator Models In Power Systems	
Muhammed Selman EREL	Fast, Accurate and Robust Determination Method for Critical Temperature of Superconductors	
IMASCON Session 5.2 / 10:30 – 11:45	**Hall : 2**	**5 December 2020**
SESSION CHAIR : Assoc.Prof.Dr. Gülesen ÜSTÜNDAĞ ŞIRAY		
Assoc.Prof.Dr. Gülesen Üstündağ Şiray	Estimation In Replicated Ultrastructural Measurement Error Models By Improving Corrected Score Function	
Assoc.Prof.Dr. İlker İnam	On Dimensions of Spaces of Modular Forms	
Engin FURAT	Chaotic Functions on n-dimensional Unit Disc	
Eda Akarsu	A Numerical Approach For Fractional Bagley Torvik Equations	
Şule Çürük	On Important Identities with Bicomplex Lucas Numbers and Their Idempotent Representations	
Dr. Pelin ŞENEL	MHD Slip Flow in a Circular Duct with a Conducting Section on the Wall	
Burak ARSLAN	Algebraic Operations Of Intuitonistic Fuzzy Parameterized Intuitionistic Fuzzy Soft Matrices And Their Application To A Performance-Based Value Assignment Problem	
Discussion		

IMASCON Session 5.3. / 10:30 – 11:45	**Hall : 3**	**5 December 2020**
SESSION CHAIR : Assit. Prof. Dr. İbrahim MUTLU		
Serhan YALÇIN	Herbals Sold for Phytotherapy Purposes in Suruç (Şanlıurfa)	
İkram ÇELİK	Dısaster And Emergency Management Under Forest Fıres In Smart Cıtıes	
Ferit ERDEM	Mathematical Method For Establishing Strenght Standards Of Corrugated Board	
Saliha ÖZER	Supercritic Co2 Extraction Device Optimization With Lemon Verbena Herb	
Zeynep ÇAVUŞ	Investigation Of The Sensory Characteristics Of Shalgam Made With Bulgur Boiler Water	
Nursel Söylemez Milli	A Bioinformatics-Based Approach For Designing Primer Sets In Determination Of Meat Specificity	
ORAL PRESENTATIONS		
5 December 2020	**SESSION 6**	**Time 12:00 – 13:15**
IMASCON Session 6.1 / 12:00 – 13:15	**Hall : 1**	**5 December 2020**
SESSION CHAIR : Prof. Dr. A. Necati ÖZSEZEN		
Cenk ANDİÇ	Maximum Power Point Tracking Algorithm With Doubly-Fed Induction Generator Used In Variable Speed Wind Turbines	
Cenk ANDİÇ	Automatic Generation Control Of Two-Area Interconnected Non-Reheat Thermal Power System	
Hakan ÇELIK	Optimization Of Electric Vehicle Charging Stations With Genetic Algorithms	
Emre GAYİR	Asic Implementation Of An Aes Accelerated Risc-V Based System On Chip	
İsmail SARIGÜL	Six-Phase Induction Motor Control With Sinusoidal Pulse Width Modulation Technique	
Beytullah ZOROĞLU	Electric Vehicle Status Of Standards And Electric Vehicle Charging Stations In Turkey	
IMASCON Session 6.2 / 12:00 – 13:45	**Hall : 2**	**5 December 2020**
SESSION CHAIR : Assoc. Prof. Dr Ali TÜRKCAN		
Ahmet DEMIRKESEN	Investigation Of The Effects Of Using Aluminum Alloys In Electric Vehicles Production	
Ömer Bora NAMLI	Fire Risk Map and Location Planning for Fire Department Station	
Cengiz AKTAŞ	Modelling of Financial Supports for SMEs and Evaluation of Alternative Policies with System Dynamics Approach	
Birol ÖZGÜN	The Effect Of Fusel Oil On Performance And Combustion Characteristics In A Crdi Engine	
Discussion		

IMASCON SESSION 6.3 / 12:00 – 13:15	**Hall : 3** **5 December 2020**
SESSION CHAIR : Assoc. Prof. Dr. Ertan ALPTEKİN	
Rabia Melike DURAN	A Defect Analysis Study In A Tailoring Workshop For Textile Industry
Müberra TERZI	Of Polyclinic Classification Based On Abstract Epicrisis Using Text Mining Techniques
Esra AKTAŞ	Applicability of Virtual Reality in Occupational Safety Training of Healthcare Workers
Tuğçen HATIPOĞLU	Reducing The Amount Of In-Process Inventory In A Manufacturing Facility With The Simulation Method
Tuğçen HATIPOĞLU	A Heuristic Approach to Vehicle Loading and Routing Optimization in Milk Run System
ORAL PRESENTATIONS	
5 December 2020	**Session 7** **Time 13:30 – 14:45**
IMASCON Session 7.1 / 13:30 – 14:45	**Hall : 1** **5 December 2020**
SESSION CHAIR : Assist.Prof.Dr. Mehmet Altay ATLIHAN	
Ömer Faruk ALEMDAR	The Infrared Behavior Of Thermal Gluon Self-Energy In Light-Cone Gauge
Assist.Prof.Dr. Mehmet Altay ATLIHAN	Luminescence Characteristics Of Gypsum ($CaSO_4.2H_2O$) Mineral Obtained From Çankiri And The Effect Of Optical Stimulations On Thermoluminescence Signals
Assist.Prof.Dr. Ali ÇELİK	CMS Mu+VBF Trigger Performance with 2017 Data
Assist.Prof.Dr. Furkan Semih DÜNDAR	Invitation to Using n-Scale Calculus in Physics and Future Opportunities
Sebahat ALTUNDAĞ	Development Of Copper-Based Non-Ion Batteries
IMASCON Session 7.2 / 13:30 – 14:45	**Hall : 2** **5 December 2020**
SESSION CHAIR : Assist.Prof.Dr. Handan Engin Kirimli	
Assist.Prof.Dr. Handan Engin Kirimli	Year-Dependent Change Of Dnp Parameters In P-Difluorobenzene Suspension With Asphaltene
Mustafa AYDIN	Optical and Structural Characterisation of Ternary Chalcogenide TlSbSe2
Dr. Aykan AKÇA	The Bond Activation Mg-H And Adsorption Of MgH_2 On Cu And Ni Embedded Graphene Surfaces
Azimollah ALESHZADEH	Gis Based Landslide Susceptibility Mapping: Uzundere, Erzurum
Seher GÖZSÜZ	Discrimination of the natural and artificial quakes occurred around the Eastern Anatolian Fault
Discussion	

POSTER PRESENTATIONS
04 December, 2020

16:00 - 17:00

Poster Session 1

- **Mert Akın**
  Neotectonic Investigation of Ezine (Çanakkale) and Its Surrounding
- **Yousef HAJ HAMOUD**
  A Method Based on Video and Digital Images in the Production of 3D Models of Buildings
- **Güven Yıldırım**
  Packaging Applications In Fruits

17:30 - 18:30

Poster Session 2

- **Selen Güner**
  Synthesis of Native Esterquat Compounds with Alternative Methods
- **Hakan Aşkun**
  Synthesis Of Water-Based Binders With Different Functional Properties And Their Effects On Water-Based Paint Performance
- **Mustafa Mohammed Kareem**
  Production of PAN-Added Nanofibers and Use of Bisphenol Derivatives in Chromate Extraction
- **Gülşen Bahar**
  Development of new electroactive polymers for smart windows
- **Özlem Çulcu Deniz**
  Effects Of Peganum Harmala, A Medicinal Plant, On Aggregation Properties Of The Probiotic Bacterium Lactobacillus Rhamnosus
- **Belisa Korriku**
  The Importance of Social Media in the Food Market
- **Fidan Bal**
  Effect Of Acrylic Thickening Monomer Composition On Water-Based Paint Performance And Reology
- **Efsun Keskiner**
  Using new types of electroactive polymer films in the Photo / Electrochemical Reduction Process of Carbon Dioxide Gas

ABSTRACTS AND POSTERS

RULMAN TİTREŞİM VERİLERİNDEN ANOMALİ TESPİTİ

İsmail Malik Kundakcı
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği
malik.kundakci@kocaeli.edu.tr

Hüseyin Metin Ertunç
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği
hmertunc@kocaeli.edu.tr

Hasan Ocak
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği
hocak@kocaeli.edu.tr

Özet
Makinelerin verimini arttırmak için en etkili yol, arıza tespitini zorunlu duruşa neden olmayacak şekilde önceden kestirmek ve bakım faaliyetlerini gerçekleştirmektir. Rulmanlar dönel makinelerin ana parçasıdır ve zorunlu duruşların büyük bir kısmı rulman arızalarından kaynaklanmaktadır. Yapılan çalışmada SKF marka 6208 rulmanı yük altında ömür testine tabi tutulmuştur. Her saat başı 10 saniye boyunca titreşim verisi alınmış ve toplamda 1200 adet vektörden oluşan rulman titreşim verisi elde edilmiştir. Rulmandan alınan titreşim verileri istatistiksel metotlardan Mahalanobis uzaklığı ve makine öğrenmesi metotlarından oto-enkoder yöntemi ile incelenmiş ve rulmanın anomali tespiti yapılmıştır. Alınan titreşim sinyalleri öncelikle bir ön işlemeye tabi tutulmuş; 9 adet zaman alanı, 1 adet frekans alanı özniteliği çıkartılmış ve Principal Component Analysis yöntemi ile toplam öznitelik sayısı 2'ye indirilmiştir. İstatistiksel yöntemler kullanılarak yapılan bu çalışmada, veri önişleme yöntemlerinden sonra kalan veri iki parçaya bölünmüş; ilk parça rulmanın normal çalışma koşulları olarak etiketlendirilmiştir. Normal çalışma koşullarındaki Mahalanobis uzaklıkları çıkartılmış ve dağılıma göre bir eşik değeri belirlenmiştir. Daha sonra bu eşik değerinin aşıldığı noktada rulmanda anomali oluştuğu kabul edilmiştir. İstatistiksel yöntemle yapılan çalışmada anomali tespiti rulmanın ömrünün %91'e ulaştığı noktada görülmektedir. Aynı veri setinde oto-enkoder yöntemi ile de çalışma yapılmıştır. Normal çalışma koşullarında modelin kayıp fonksiyonu dağılımından eşik değeri çıkartılmış ve yine rulman ömrünün %91'e ulaştığı noktada anomali tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Rulman Ömrü, Anomali Tespiti, Makine Öğrenmesi

ROLLING BEARING ANOMALY DETECTION WITH VIBRATION SIGNALS

Abstract
The most effective way to increase the efficiency of the machines is to anticipate the fault detection and perform maintenance activities without causing a forced downtime. Bearings are the main part of rotary machines and most of the forced stops are caused by bearing failures. In the study, SKF brand 6208 bearing was tested for life under load. Vibration data were taken for 10 seconds every hour and bearing vibration data consisting of 1200 vectors in total were obtained. The vibration data obtained from the bearing were analyzed by means of the Mahalanobis distance from the statistical methods and the auto-encoder method from the machine learning methods and the anomaly of the bearing was determined. The vibration signals received were firstly pre-processed; 9 time domains and 1 frequency domain attribute were removed and the total number of features was reduced to 2 with the Principal Component Analysis method. In this study conducted using statistical methods, the remaining data after data preprocessing methods were divided into two parts; The first part is labeled as the normal operating conditions of the bearing. Mahalanobis distances in normal operating conditions were removed and a threshold value was determined according to the distribution. Later, it was accepted that an anomaly occurred in the bearing at the point where this threshold value was exceeded. Anomaly detection is seen at the point where the life of the bearing reaches 91% in the study conducted with statistical method. In the same data set, work has been done with auto-encoder method. In normal operating conditions, the threshold value was extracted from the loss function distribution of the model and again an anomaly was detected at the point where the bearing life reached 91%.

Keywords: Rolling Bearing life-time, Anomaly Detection, Machine Learning

Ho KATKILI NaFePO4 KATOT MALZEMESİNİN ÜRETİMİ VE ELEKTROKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Abdurrahman Yolun
İnönü Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik
abdurrahmanyolun@gmail.com

Serdar ALTIN
İnönü Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik
serdar.altin@inonu.edu.tr

Özet
Sodyum iyon piller (Na-iyon) sodyumun dünya üzerinde bol miktarda bulunması ve üretim maliyetlerinin daha düşük olmasından dolayı Lityum iyon (Li-iyon) pillere alternatif olarak görülmektedir. Bu çalışmada NaFePO4 malzemesinin üretiminde katı hal reaksiyon yöntemi kullanılmıştır. İstenilen fazın üretimi için % 99 saflıkta FeC2O4.2H2O, NH4H2PO4, Na2CO3 ve Ho2O3 kimyasal malzemeler agat havanda öğütülmüş ve % 10 glikoz (C6H12O6) ilave edilerek tekrar öğütme işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra agat havanda öğütülen tozlar 350 rpm hızında 5 saat 2 aseton ilave edilerek bilyalı değirmen ile tekrar homojenizasyon için karıştırılmıştır. Bu malzemeler 350 0C ‘de 10 saat dakikada 5 0C sıcaklık artışı uygulanarak % 7 saflıkta Ar/H2 gazı ortamında kuvars tüp içinde ısıl işleme tabi tutulmuştur. İkinci ısıl işlem öncesi ise ilk ısıl işlem sonrası üretilen tozlar 500 rpm ‘de 5 saat aseton ilave edilerek bilyalı değirmende tekrar öğütülme işlemine tabi tutulmuştur. İstenilen fazın oluşması için üretilen tozlar tekrar 650 0C sıcaklıkta 12 saat dakikada 5 0C ısıtma ve soğutma hızı kullanılarak aynı ortamda ısıl işlem uygulanarak üretim süreci tamamlanmıştır. Üretilen malzemelerin yapısal karekterizasyonları için XRD, SEM ve FTIR ölçümleri ile gerçekleştirilmiştir. Üretilen malzemelerin elektrokimyasal özelliklerini ve pil performansını araştırmak için CR2032 düğme pil haline getirilerek CV, kapasite ve döngü performansı analizleri yapılmıştır. Bu çalışma, Proje No: FDK-2019-1718 kapsamında yapılmış olup, İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Proje Birimi (BAP) ’ne teşekkür ederiz.

Anahtar Kelimeler: NaFePO4, Katot malzemesi, Sodyum, Holmiyum

PRODUCTION AND INVESTIGATION OF ELECTROCHEMICAL PROPERTIES OF Ho DOPED NaFePO4 CATHODE MATERIAL

Abstract
Sodium ion batteries (Na-ion) are seen as an alternative to Lithium-ion (Li-ion) batteries due to the abundance of sodium in the world and lower production costs. In this study, solid state reaction method was used in the production of NaFePO4 material. Chemical materials of 99 % purity FeC2O4.2H2O, NH4H2PO4, Na2CO3 and Ho2O3 are ground in agate mortar for the production of the desired phase ve Re-milling was carried out by adding 10 % glucose (C6H12O6). Then the powders grinded in agate mortar were mixed with a ball milling by adding acetone for 5 hours at 350 rpm for re-homogenization. These materials were subjected to heat treatment in a quartz tube in 7 % purity Ar / H2 gas by applying a temperature increase of 5 0C per minute for 10 hours at 350 0C. Before the second heat treatment, the powders produced after the first heat treatment were re-milled in a ball milling by adding acetone at 500 rpm for 5 hours. The production process was completed by applying heat treatment in the same environment by using the powders produced to form the desired phase at 650 0C for 12 hours at 5 0C heating and cooling rate per minute. For the structural characterization of the produced materials, XRD, SEM and FTIR measurements were performed. In order to investigate the electrochemical properties and battery performance of the produced materials, the CR2032 button cell was turned into a CV, capacity and cycle performance analysis. This study was conducted within the scope of Project No: FDK-2019-1718 and we thank İnönü University Scientific Research Project Unit (BAP).

Keywords: NaFePO4, Cathode material, Sodium, Holmium

BAKIR BAZLI Na-İYON PİLLERİN GELİŞTİRİLMESİ

Sebahat ALTUNDAĞ
İnönü Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik
sebahat.altundag@inonu.edu.tr

Serdar ALTIN
İnönü Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik
serdar.altin@inonu.edu.tr

Özet
Katı hal reaksiyon yöntemiyle hazırlanan Na0.67MnO2 katodunun pil performansını arttırmak amacıyla Na0.67Mnx-1CuxO2 sisteminde belli oranlarda (x = 0.0, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45, 0.50) Mn elementi yerine Cu elementi eklenmiştir. Bu örneklerin yapısal ve elektrokimyasal analizleri için XRD, FTIR, CV, kapasite ölçüm ve C-rate ölçümleri yapılmıştır. XRD analizine göre x=0.15 ve x=0.20 Cu katkılı örneklerde herhangi bir saflık fazının olmadığı fakat x=0.25 Cu katkılı örnekten itibaren safsızlık fazlarının oluğu görülmektedir. Cu katkılı örneklerin örgü parametreleri Gsas-II programı yardımıyla hesaplanmıştır. Cu katkılı örneklerin örgü parametrelerini katkısız Na0.67MnO2 ile kıyasladığımızda Cu katkılı örneklerin a parametresinin arttığı c parametresinin azaldığı görülmüştür. 1.5 - 4.3 V aralığında 100 mA/g akımda 100 döngülük şarj-deşarj kapasite değerleri incelenmiştir. Cu katkılamasıyla kapasite stabilitesinin arttığı görülmektedir. En iyi pil performasını ise 0.25≤x≤0.35 aralığındaki Cu katkılı örnekler olmuştur. Bu çalışma, Proje No: FBA-2019-1960 kapsamında yapılmış olup, İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Proje Birimi (BAP) ’ne teşekkür ederiz.

Anahtar Kelimeler: Cu, Na iyon, şarj edilebilir piller

DEVELOPMENT OF COPPER-BASED NON-ION BATTERIES

Abstract
In order to increase the battery performance of Na0.67MnO2 cathode prepared by solid state reaction method, Cu element was added instead of Mn element in certain proportions (x = 0.0, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45, 0.50) in Na0.67Mnx-1CuxO2 system. XRD, FTIR, CV, capacity measurement and C-rate measurements were made for structural and electrochemical analysis of these samples. According to XRD analysis, it is seen that there is no purity phase in x = 0.15 and x = 0.20 Cu added samples, but there are impurity phases starting from the x = 0.25 Cu added sample. The mesh parameters of the Cu doped samples were calculated with the help of the Gsas-II program. When we compare the mesh parameters of Cu doped samples with Na0.67MnO2 without additives, it is seen that the a parameter of the Cu doped samples increases and the c parameter decreases. Investigation of 100 cycle charge-discharge capacity at 100 mA/g current over 1.5- 4.3 V. It appears that its capacity stability has increased. The best battery performance is reinforced with Cu additives in the 0.25≤x≤0.35 series. This study was conducted within the scope of Project No: FBA-2019-1960 and we thank İnönü University Scientific Research Project Unit (BAP).

Keywords: Cu, Na ion, rechargeable batteries

İMİDAZOL SINIFI ANTİFUNGALLAR: KANSER HÜCRELERİ ÜZERİNDEKİ ETKİ MEKANİZMALARI

Berna KAVAKCIOĞLU YARDIMCI
Pamukkale Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü
byardimci@pau.edu.tr

Özet
İmidazoller, sitokrom P450'ye bağımlı enzim lanosterol 14 α-demetilazı inhibe ederek etki gösteren antifungal ilaçların azol alt grubunu oluşturmaktadır. Rutin kullanımlarının yanı sıra imidazoller arasından özellikle klotrimazol, ekonazol ve ketokonazol antikanser etkileri ile de ön plana çıkmıştır. Günümüze kadar elde edilen sonuçlar sayesinde, elbette farklı etkilere de sahip olmakla birlikte, bahsi geçen antifungalların sırasıyla başlıca glikolitik yolağın bozulması, Ca2+ girişinin bloke edilmesi ve CYP450 enzimlerinin spesifik olmayan inhibisyonu üzerinden antikanser etkilerini gösterdiği belirlenmiştir. Yan etkileri bilinen medikal ilaçların ikincil farmakolojik kullanımları, iş gücü, zaman ve maliyet gerektiren yeni ilaç geliştirme çalışmalarına göre oldukça avantajlı olduğundan bu ucuz ilaç sınıfının olası antikanser etkilerinin değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Bu çalışmada, imidazol sınıfı antifungallerin kanserli hücreler üzerindeki etki mekanizmaları ve sonuç olarak, tek başına veya geleneksel terapötiklerle kombinasyon halinde kanser tedavisindeki kullanım potansiyelleri ayrıntılı olarak tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: imidazol antifungaller, klotrimazol, ekonazol, ketokonazol, sitotoksisite, kanser.

IMIDAZOLE ANTIFUNGALS: A REVIEW OF THEIR ACTION MECHANISMS ON CANCEROUS CELLS

Abstract
Imidazoles, which constitute azole sub-group of antifungal drugs, act by inhibiting cytochrome P450-dependent lanosterol 14 α-demethylase enzyme. Along with their main usage, when it comes to additional anti-cancer function, clotrimazole, econazole, and ketoconazole have come to the fore among the imidazoles. Although having different effects, based on the results up to now, disturbance of the glycolytic pathway, Ca2+ influx blockage, and nonspecific inhibition of CYP450 enzymes can be regarded as the core ones responsible for the anti-cancer activities of the mentioned drugs, respectively. Considering the advantages of repurposing of drugs with known pharmacology compared to new drug development studies requiring labor, time and, cost, it will be extremely important and valuable to continue the clarification of the different mechanisms of these antifungals on cancerous cells and benefit from them especially to increase drug efficacy and overcome drug resistance. In this study, the action mechanisms of imidazole antifungals on cancerous cells and, consequently, their potential for use in cancer treatment were discussed in detail.

Keywords: imidazole antifungals, clotrimazole, econazole, ketoconazole, cytotoxicity, cancer.

DOĞRUDAN HAVA YAKALAMA TEKNOLOJİSİ VE YAYILMASINDAKİ BELİRSİZLİKLERİN DEĞERLENDİRMESİ

Ahmet YILDIZ
Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği
ahmetyldz03@gmail.com

Hüseyin USTA
Milli Savunma Üniversitesi, Kara Harp Okulu, Makine Mühendisliği
husta@kho.edu.tr

Özet
Fosil enerji kaynaklarının çok kullanılmasıyla beraber gelen sera gazlarındaki zararlı artış, 18. yüzyılda meydana gelen Sanayi Devrimi ile başlamıştır. Demirin esas hammadde olduğu bu makineleşme çağında, başlangıçtaki temel enerji kaynağı kömürdü. Tekniğin gelişmesi ve transferi, diğer fosil yakıtların devreye alınması ve ulaşımda meydana gelen hızlanma ile bu sanayi devrimi yayılımını Dünya'nın diğer bölgelerine de devam ettirmiştir. Tarımda makineleşmenin getirdiği kolaylık ile daha fazla toprak işlenebilmeye başlandı ve bunun etkisiyle daha fazla insanın beslenebilme imkânı ortaya çıktı böylece sanayi devrimi beraberinde nüfusta artışı da getirdi. Artan bu nüfusun ihtiyaçları, buna bağlı sanayileşmenin artışı, seyahat ve taşımacılığın havada, karada ve denizde yaygınlaşması ve küreselleşmenin getirdiği diğer ihtiyaçlar sera gazlarının salımında ciddi artışlara sebep oldu. Böylece, 1750 yılında atmosferde 280 ppm (parts per million) olan CO2 miktarı 2020 itibari ile 418 ppm düzeyine ulaşmıştır. Atmosferde karbondioksit birikmesinin yavaşlamaya başlamayıp, sonraki yakın zaman içinde tersine dönmediği sürece büyük tehlikeler (fırtınalar, seller, kuraklıklar, ısı dalgaları ve deniz seviyesi yükselmesi dâhil olmak üzere) Dünyamızı beklemektedir. Ayrıca hava kirliliğinin tüm canlılar üzerindeki etkisi yüzyıllardır bilinen bir gerçektir. Başta CO2 olmak üzere sera gazlarının tüm bu etkilerini ve sayamadığımız diğer etkilerini göz önüne alarak, iklim değişikliğini azaltma çalışmaları başlamıştır. 180'den fazla ülke, ülkelerin bu yüzyılın ikinci yarısında kesintisiz net sıfır sera gazı emisyonunu isteyen Paris Anlaşmasını onayladı. Bu emisyon hedeflerinin altında kalınmasıyla beraber, bazı karbon salımlarını ortadan kaldırma teknikleri son yıllarda önem kazanmaya başlamıştır. Bu çalışmada, bu tekniklerden biri olan Doğrudan Hava Yakalama (Direct Air Capture) incelenmiştir. Farklı ülkelerde ulusal ve bölgesel boyutta incelenmiş olan bu yöntemin Türkiye'de de çalışılması ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu kapsamda, öncelikle uluslararası operasyonlar ve çalışmalar incelenmiştir ve sonrasında ise karbon yakalama konusunda ulusal durum ve öncelikler incelenerek toplam değerlendirme yapılmıştır. Böylece Dünya'da çok yeni önem kazanmaya başlayan bu inovasyonun avantajları incelenerek öneminin vurgulanması ayrıca yayılmasındaki dezavantajlarının ve belirsizliklerinin ortaya konması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Doğrudan Hava Yakalama, Karbon Yakalama ve Depolama, Karbon Dioksit (CO2), Yeni Teknolojiler, Küresel Isınma, İklim Değişikliği Azaltma

DIRECT AIR CAPTURE TECHNOLOGY - ASSESSMENT OF UNCERTAINTIES FOR THE DEPLOYMENT

Abstract
The harmful increase in greenhouse gases that come with the use of fossil energy resources started with the Industrial Revolution in the 18th century. With the development and transfer of technique, the commissioning of other fossil fuels and the acceleration in transportation, this industrial revolution has continued its spread to other parts of the world. The needs of increasing population, accordingly; the increase in industrialization and other needs brought about by globalization caused serious increases in greenhouse gas emissions. The amount of CO2 in the atmosphere, which was 280 ppm in 1750, reached the level of 418 ppm by 2020. Unless the build-up of carbon dioxide in the atmosphere starts to slow down and reverses in the near future, it is expected to pose major risks. In addition, the effect of air pollution on all living things has been known for centuries. Considering all these effects of greenhouse gases, especially CO2, actions of mitigation of climate change have been started. More than 180 countries ratified the Paris Agreement, which requires countries to continuously emit net zero greenhouse gases in the second half of this century. With these emission targets falling short, some carbon emission elimination techniques have gained importance in recent

years. In this study, one of these techniques, Direct Air Capture, was examined. This technique, which examined national and regional level in different countries, it was also thought that should be examined in Turkey. In this context, firstly, international operations and studies was examined and then a total assessment was made by examining the national situation and priorities on carbon capture. Thus, it is aimed to emphasize the importance of this innovation which has just started to gain importance in the world by examining the advantages and also to introduce its disadvantages and uncertainties on deployment.

Keywords: Direct Air Capture, Carbon Capture and Storage, Carbon Dioxide (CO2), New Technologies, Global Warming, Climate Change Mitigation

FARKLI FONKSİYONEL ÖZELLİKLERE SAHİP SUBAZLI BAĞLAYICILARIN SENTEZİ VE SU BAZLI BOYA PERFORMANSI ÜZERİNE ETKİLERİ

HAKAN AŞKUN
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya
hakan_askun@yahoo.com

UFUK YILDIZ
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya
uyildiz@kocaeli.edu.tr

Özet
Bu çalışmada, çekirdek-kabuk oranı 30/70, 40/60 ve 50/50 yapıya sahip farklı tip ve oranda çapraz bağ içeren su bazlı stiren-akrilik yapıda bağlayıcıların sentezi, karakterizasyonu ve bu bağlayıcıların su bazlı boyalarda performansı üzerine olan etkileri incelenmiştir. Emülsiyon bağlayıcılarının sentezinde, asetoasetoksi, n-metilol akrilamid ve silan gibi farklı tip çapraz bağlayıcılar ve farklı oranlar kullanılarak sentez çalışmaları yürütülmüştür. %1-3 oranları arasında değişen çapraz bağ içeren bağlayıcılara karakterizasyon testleri yapıldı. MFFT ve FT-IR ile karakterize edilen emülsiyonların boyut dağılımları da incelenmiştir. Uygulama kısmında da, boyaların performans testleri için yayılma, örtücülük, parlaklık, alkali dayanım, ovalama dayanımı ve beyazlık özellikleri incelendi. Çapraz bağlayıcının değişiminin boya performansı üzerine etkileri de değerlendirilmiştir. Çalışmalar sonucunda, asetoasetoksi içeren bağlayıcılarla hazırlanan boyaların performanslarının diğer tip çapraz bağlayıcı içerenlere nazaran daha üstün özellikler sergilediği ve çapraz bağlama oranının artışıyla ovalama dayanımının %2 çapraz bağ orana kadar arttığı sonra azaldığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çekirdek-Kabuk, Emülsiyon Polimerizasyonu, Su Bazlı Boya, Çapraz bağlayıcı,

SYNTHESIS OF WATER-BASED BINDERS WITH DIFFERENT FUNCTIONAL PROPERTIES AND THEIR EFFECTS ON WATER-BASED PAINT PERFORMANCE

Abstract
In this study, the synthesis and characterization of water-based styrene-acrylic binders with different types and ratios of core-shell ratio 30/70, 40/60 and 50/50 crosslinking structures and the effects of these binders on the performance of water-based paints were investigated. In the synthesis of emulsion binders, synthesis studies were carried out using different types of crosslinkers such as acetoacetoxy, n-methylol acrylamide and silane and different ratios. Characterization tests were performed for binders containing crosslinking varying between 1-3%. Size distributions of emulsions characterized by MFFT and FT-IR were also investigated. In the application part, for the performance tests of paints, the properties of diffusion, covering, gloss, alkali resistance, scrub resistance and whiteness were examined. The effects of change of crosslinker on paint performance were also evaluated. As a result of the studies, it was determined that the best performance of the paints prepared with acetoacetoxy-containing binders exhibit compared to the other types of cross-linkers, and the scrub resistance increased up to 2% cross-linking with the increase in cross-linking ratio and then decreased.

Keywords: Core-shell, Emulsion Polymerization, Water-Based Paint, Crosslinking,

PRODUCTION OF PAN-ADDED NANOFIBERS AND USE OF BISPHENOL DERIVATIVES IN CHROMATE EXTRACTION

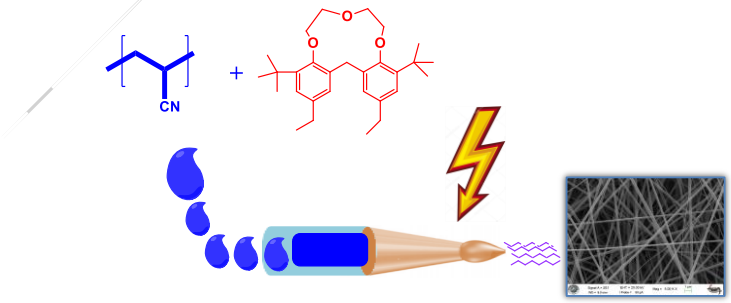
MUSTAFA MOHAMMED KAREEM
Selçuk Üniversitesi, fen fakültesi, Kimya
mhmd@gmail.com

Fatih Özcan
Selçuk Üniversitesi, fen fakültesi, Kimya
fatihzcan06@gmail.com

Şeref Ertul
Selçuk Üniversitesi, fen fakültesi, Kimya
sertul42@gmail.com

Abstract
Although natural macrosolid ligands have been known for about 60 years, artificial macrocyclic compounds capable of bonding with anions and cations have been obtained and studied for the past 40 years. Macroscopic polyether, polyamine and compounds of this type show extraordinary binding properties with ions. Such compounds consist of a hydrophilic inner space consisting of electronegative bonding atoms on the inside, and a flexible frame consisting of hydrophobic atoms on the outside. Different cations and tendencies to bond with some neutral molecules are observed. They allow significant conformational changes many times while bonding. Hydrophobic outer frames are able to dissolve many ionic compounds in organic environments. Ion-binding molecules have important application areas in terms of organic chemistry technology; phase-transfer catalysts and ion-membrane balancing tools are some of them. Although dichromate ion is known as a dyeing agent used in textile and dye industry, its harm to human health and the environment has been widely given in publications, and studies on chromate ion removal are highly accepted in surrounding magazines. In this study, it was aimed to use Bisphenol compounds in dichromate removal by taking advantage of the transport property of metal ions. After preparing the solutions of bisphenol (Crowner, Carboxylic acid and Nitro) compounds with different functional properties by interacting them with Polyacrionitrile (PAN) solution in certain proportions, the structure of nanofibers produced by Electrospin method was illuminated with FT-IR, SEM and TEM techniques. Characterized bisphenol doped nanofiber structures were used in chromate ion extraction and their extraction values were read in ICP-MS spectrometer.

Keywords: Bisphenol, Dichromat Extraction, Electrospin, Nanofiber



Scheme. Bisphenol Derivatives Production Demonstration of Nanofiber by Electrospin Method

ADVISOR PROGRAMIYLA HİBRİT ELEKTRİKLİ TAŞITLARDA BATARYA ANALİZİ

BÜŞRA ÖZEN
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği
busrakoca01@hotmail.com

ŞULE KUŞDOĞAN
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği
kusdogan@kocaeli.edu.tr

Özet
Son yıllarda, çevre koruma ve sera gazı emisyonları, fosil yakıt azlığı ve fiyat değişiklikleri veya gelişmiş şehirlerde yüksek kirlilik gibi birçok faktör, sosyal ve politik ajanlar ve bilim topluluğu için ana kaygılardan biri haline gelmiştir. Bu faktörler daha verimli, sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji sistemlerinin gelişimini hızlandırmaktadır. Dünya nüfusundaki artış ulaşım sorununu da beraberinde getirmekte ve trafiğe çıkan araç sayısı her geçen gün artmaktadır. İçten yanmalı motorlara sahip araç sayısındaki artış çevreye salınan zararlı gaz miktarlarını da arttırmaktadır. Bu durum çevre kalitesini olumsuz yönde etkilemekte ve araç performansı için farklı enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmasına sebep olmaktadır. Bunlara, gelecekteki petrol rezervlerinin tükenecek olması da eklenince elektrikli taşıtlara olan talep hızlanmaktadır. Ayrıca, elektrikli taşıtlar, fosil yakıtlı taşıtlardan farklı olarak bazı teknik özellikler içermektedir. Enerji depolama işlemleri, bir enerjiyi üretmek kadar önemli bir kavramdır. Dünya üzerinde gelişmekte olan elektrikli taşıt teknolojisi ile en zorlu sürecin bu enerjiyi depolayıp kullanmak olduğu görülmektedir. Bu program yardımıyla hibrit elektrikli taşıtlardaki farklı enerji depolama sistemleri analiz edilmektedir. Bataryalar tüm taşıt sistemi içerisinde enerji depolama sistemi olarak kullanılan ana unsurlardandır. Bu nedenle bir taşıtta batarya sisteminin; tesis edilmesinden önce, sisteme uyumluluğunun analizinin yapılması, maliyet ve güvenlik bakımından oldukça önemlidir. Amerikan Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı (NREL) tarafından geliştirilen ADVISOR programı bu tür sistemlerin mukayesesinin yapılmasını sağlamaktadır. Bu çalışmada ADVISOR programı ile hibrid elektrikli taşıtlarda enerji depolama sistemleri için analiz yapılmış ve ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli taşıt(ET), hibrit elektrikli taşıt(HET), batarya, ADVISOR.

BATTERY ANALYSIS IN HYBRID ELECTRIC VEHICLES WITH THE ADVISOR PROGRAM

Abstract
In recent years, many factors such as environmental protection and greenhouse gas emissions, fossil fuel scarcity and price changes or high pollution in developed cities have become one of the main concerns for social and political agents and the scientific community. These factors accelerate the development of more efficient, sustainable and renewable energy systems. The increase in the world population brings along the transportation problem and the number of vehicles in traffic is increasing day by day. The increase in the number of vehicles with internal combustion engines also increases the amount of harmful gases released into the environment. This situation adversely affects the environmental quality and causes the need for different energy sources for vehicle performance. Adding to these that future oil reserves will run out, demand for electric vehicles is accelerating. In addition, electric vehicles contain some technical features unlike fossil fuel vehicles. Energy storage processes are as important a concept as producing an energy. With the developing electric vehicle technology in the world, it is seen that the most difficult process is to store and use this energy. With the help of this program, different energy storage systems in hybrid electric vehicles are analyzed. Batteries are one of the main elements used as an energy storage system in the entire vehicle system. Therefore, in a vehicle battery system; It is very important in terms of cost and security to analyze the compatibility with the system before its establishment. Developed by the American National Renewable Energy Laboratory (NREL), the ADVISOR program enables the comparison of such systems. In this study, analysis has been made for energy storage systems in hybrid electric vehicles with ADVISOR program and the results obtained are evaluated.

Keywords: Electric vehicle (EV), hybrid electric vehicle (HEV), battery, ADVISOR.

X-RAY GÖRÜNTÜLERİ ÜZERİNDE YAPAY ZEKA TEKNİKLERİ KULLANARAK AKCİĞERDE COVİD-19 SAPTAMA

Ahmet Burak SOYSAL
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilişim Sistemleri Mühendisliği
bsoysal1999@gmail.com

Serdar SOLAK
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilişim Sistemleri Mühendisliği
serdars@kocaeli.edu.tr

Özet
Ülkemizde ve dünya genelinde hızla artan Covid-19 salgın hastalığı sebebiyle insanlar ekonomik ve sosyal olarak çeşitli problemler yaşamaktadır. Özellikle hastalığın yaygınlaşmasıyla beraber hasta olma, yakınlarına bulaştırma, ölme korkularının yanı sıra insanların evlerine kapanarak sosyalleşme ortamlarının kalmaması psikolojik açıdan bunalımlara sebep olmaktadır. Bu problemleri en aza indirmek için, Covid-19 hastalığının erken tespit edilmesi ve yaygınlaşma hızının düşürülmesi önem arz etmektedir. Hastalığın erken tespit edilecek yöntemlerin geliştirilmesi binlerce insanın hayatını kurtarabilir. Dolayısıyla hastalık, akciğerlere bulaşmadan insanlar için ölümcül olmasa da, akciğerlere indiğinde her hasta için ölüm riski bulunmaktadır. Covid-19 hastalığı akciğere inen kişileri erken tespit edilerek tedavi edilmeye başlanması bu kişilerin hayatını kurtarabilir. Çalışma, hastalığın erken tespiti ve çabuk müdahale edilmesini sağlamak amacıyla X-RAY görüntüleri üzerinde yapay zekâ teknikleri kullanarak program geliştirilmiştir. Program kullanılarak elde edilen verilerin analizi yapılmakta ve yüksek doğruluk oranında sonuçlar elde edilmektedir. Program veriler üzerinden çeşitli analizler yaparak akciğerin viral, covid-19 veya normal olma durumlarını çok kısa bir zamanda tespit edebilmektedir. Bu işlem sayesinde test bekleme aşaması hızlanmakta ve virüs akciğere inmiş hastalar için hızlı müdahale edilebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bilgisayarlı Görme, Görüntü İşleme, Yapay Zeka, Covid-19, Resnet18

THE DIAGNOSIS OF COVID-19 IN THE LUNG USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN X- RAY IMAGES

Abstract
People experience various economic and social problems, due to the rapidly increasing Covid-19 epidemic in our country and around the world. Especially with the spread of the disease, the fear of catching the disease, infecting their relatives, dying from Covid-19 and people's lack of socialization by staying in their homes cause psychological depression. It is important to detect Covid-19 disease early and to reduce its spread rate in order to minimize these problems. Developing methods to detect the disease early can prevent thousands of deaths. Therefore, the disease is not fatal to humans without contaminating the lungs, but when it reaches the lungs, there is a risk of death for every patient. People with Covid-19 disease in their lungs can be detected and treated quickly, and they can save their lives. In this paper, the software, that uses artificial intelligence techniques on X-RAY images, has been developed to ensure early diagnosis of the disease and rapid intervention. The data obtained by using the program are analyzed and results with high accuracy are obtained. The program can detect viral, covid-19 or normal status of the lung in a very short time by making various analyzes on the data. Thanks to this process, the test waiting phase is accelerated and patients with the virus in the lung can be intervened quickly.

Keywords: Computer Vision, Image Processing, Artificial Intelligence, Covid-19, Resnet18

KABLOSUZ ŞARJ SİSTEMLERİ İÇİN İKİNCİL TARAFLI AA/DA DOĞRULTUCU SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRMASI

SALİH BURAK KEMER
Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik ABD
salihburakkemer@outlook.com.tr

Emin YILDIRIZ
Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Müh.
eminyildiriz@duzce.edu.tr

Özet
Kablosuz şarj olan elektronik cihazların kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Kablosuz şarj sistemlerinde kadar primer ve sekonder devrede kompanzasyon yapılarak aktarım verimliği %80'ın üzerine çıkabilmektedir. AA sinyali olarak sekondere aktarılan yüksek frekanslı gerilim, cihaz şarjı için kontrollü veya kontrolsüz doğrultucu ile DA sinyale dönüştürülür. Ancak doğrultma esnasında doğrultucu girişindeki kontrolsüz doğrultuculardaki diyotlar üzerinde güç kaybı meydana gelir. Bu çalışmada önerilen metoda göre kontrollü doğrultucu tasarımı ile verim 120W sistem için %3.1 arttırılmıştır. Yüksek güçlere çıkıldığında bu verim kazancının artacağı öngörülmektedir. Bu çalışmada 120 W'lık çıkış gücü için, önerilen tam kontrollü AA-DA doğrultucu tasarımı ile geleneksel kontrolsüz AA-DA doğrultucu üzerinde performans incelenmesi LTspice benzetim programı ile yapılmıştır. Çalışmada, önerilen sistemin performansının geleneksel sisteme göre %3.1 artışı gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tam köprü kontrollü doğrultucu, endüktif şarj, kablosuz güç transferi

A COMPARISON OF SECONDARY SIDED AC/ DC RECTIFIER SYSTEMS FOR WIRELESS CHARGING SYSTEMS

Abstract
The use of wireless charging electronic devices is increasing day by day. In wireless charging systems, the transmission efficiency can reach over 80% by making compensation in the primary and secondary circuit. The high frequency voltage transferred to the secondary as an AA signal is converted into a DC signal with a controlled or uncontrolled rectifier for device charging. However, during rectification, power loss occurs on diodes in uncontrolled rectifiers at the rectifier input. With the controlled rectifier design according to the method proposed in this study, the efficiency was increased by 3.1% for a 120W system. It is predicted that this efficiency gain will increase when higher powers are reached. In this study, the performance analysis on conventional uncontrolled AC-DC rectifier with the proposed fully controlled AC-DC rectifier design for 120 W output power was performed with LTspice simulation program. In the study, it was observed that the performance of the proposed system increased by 3.1% compared to the traditional system.

Keywords: Full bridge controlled rectifier, inductive charging, wireless power transfer

HAVAYOLU SEKTÖRÜYLE İLGİLİ TÜRKÇE TWİTTER METİN ANALİZİ VE TWEETLERİN ORTAK SIK SORULAN SORULAR BAŞLIKLARINA GÖRE SINIFLANDIRILMASI

Hatice Elif Ekim
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği
ekim_elif@outlook.com

A. Burak İnner
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği
binner@kocaeli.edu.tr

Özet
Sosyal medya, günümüzde milyarlarca kullanıcının çeşitli konularda görüşlerini paylaştığı bir platform olarak tüm dünyayı etkisi altına almaktadır. Sosyal medya kullanımının yaygınlaşması ile şikayet, öneri, talep bildirimleri sadece web siteleri, telefon veya e-mail aracılığı ile değil, sosyal medya bilhassa Twitter aracılığı ile de paylaşılmaktadır. Firmaların, Twitter aracılığı ile gerçekleştirdikleri geri dönüşler ve alınan hızlı aksiyonlar müşteri memnuniyeti açısından büyük önem taşımaktadır. Özellikle müşteriyle direkt etkileşim halinde olan hizmet sektörü müşteri memnuniyetini artırmak ve müşterilerine daha iyi hizmet sunmak adına müşterileri ile Twitter üzerinden iletişime geçmektedir. Bu çalışma kapsamında, Türk havacılık sektöründe faaliyet gösteren firmaların Twitter üzerinden misafirleriyle gerçekleştirdikleri iletişimi hızlandırmak, tweet konusunun ilgili departmana ulaşmasını kolaylaştırmak, insan eforunu ve hata payını en aza indirmek amacıyla metin madenciliği çalışması gerçekleştirilmiştir Türk havayolu firmaları ile ilgili Türkçe tweet'ler üzerinde doğal dil işleme ve metin madenciliği çalışmaları gerçekleştirildikten sonra havayolu firmalarının web sitelerinde yer alan sık sorulan sorular başlıklarından belirlenen konu başlıklarına göre ilgili tweet'in hangi başlık altında yer aldığı makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak belirlenmiştir. Gerçekleştirilen çalışma ile Türk havayollarıyla seyahat eden misafirlerin, havayolu firmalarına daha çok hangi konu başlıkları ile ilgili geri dönüşlerde bulunduğu tespit edilerek, havayolu firmalarına bu konularda alabilecekleri aksiyonlar hakkında fikir vermek hedeflenmektedir. Çalışma, Türk hava yolu firmaları ve Türkçe tweetler üzerinden gerçekleştirilecektir fakat gelecekte farklı alanların farklı konu başlıkları ile ilgili yapılacak makine öğrenmesi ve konu analizi çalışmalarına örnek olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Doğal dil işleme, Metin madenciliği, Sınıflandırma, Makine Öğrenmesi.

TWITTER TEXT ANALYSIS ON THE AIRLINE INDUSTRY AND CLASSIFICATION OF TWEETS ACCORDING TO COMMON FREQUENTLY ASKED QUESTIONS HEADLINES

Abstract
Social media influences the whole world as a platform where billions of users share their views on various issues. With the widespread use of social media, complaints, suggestions, and request notifications are shared not only through websites, telephone or e-mail, but also via social media, especially Twitter. The feedbacks and quick actions taken by the companies via Twitter are of great importance for customer satisfaction. In particular, the service sector, which is in direct interaction with the customer, communicates with its customers on Twitter in order to increase customer satisfaction and provide better service to its customers. In this study, text mining work will be carried out in order to accelerate the communication of companies operating in the Turkish aviation industry with their guests via Twitter, to facilitate the issue to reach the relevant departments, and to reduce human effort and error margin. After performing natural language processing and text mining studies on Turkish tweets about Turkish airline companies, according to the topics determined from the frequently asked question titles on the websites of the airline companies, the title under the relevant tweet will be determined using machine learning algorithms. With the work carried out, it is aimed to determine which subjects the airline companies give feedback to the Turkish airline companies and give an idea to the airline companies about the actions they can take on these issues. The study will be carried out through Turkish airline companies and Turkish tweets, but it is thought to be an example for machine learning and subject analysis studies to be carried out on different topics in different fields in the future.

Keywords: Natural language processing, Text mining, Classification, Machine Learning.

A BIOINFORMATICS-BASED APPROACH FOR DESIGNING PRIMER SETS IN DETERMINATION OF MEAT SPECIFICITY

Nursel SÖYLEMEZ MİLLİ
Bolu Abant Izzet Baysal University / Scientific Industrial Technological Application and Research Center
nurselsoylemez@ibu.edu.tr, ORCID:0000-0003-3610-2706

İsmail Hakkı PARLAK
Bolu Abant Izzet Baysal University / Department of Computer Engineering
ismail.parlak@ibu.edu.tr, ORCID:0000-0001-8695-9471

Ercan Selçuk ÜNLÜ
Bolu Abant Izzet Baysal University / Department of Chemistry
esunlu@ibu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0097-1125

Mehmet MİLLİ
Bolu Abant Izzet Baysal University / Department of Computer Engineering
mehmetmilli@ibu.edu.tr, ORCID:0000-0002-0759-4433

Ömer EREN
Bolu Abant Izzet Baysal University / Department of Food Engineering
omerzorba@ibu.edu.tr, ORCID:0000-0001-5650-1320

Abstract
Polymerase chain reaction (PCR) and its derivatives are one of the most widely used DNA-based methods in species determination studies in meat and meat products. Chromosomal or mitochondrial genes of the species can be targeted in PCR-based analyzes used in species detection studies. Many researchers are able to realize oligonucleotide differences between species through online alignment programs on mitochondrial DNA. Using chromosomal DNA would provide more concise results in quantification studies. However, determining the marker regions for genomic DNA is challenging due to the large size of the chromosomes. Bioinformatics approaches are available for selected applications. However, using those approaches requires intensive knowledge of computer science, molecular biology, and bioinformatics in addition to high computational power. In this study, we aimed to provide a user interface that would provide a user-friendly approach to be adopted by the facilities where the contamination analyses are held in routine.

Keywords: Sequence alignment, Bioinformatics, Biocomputing, Food quality

SAĞLIK ÇALIŞANLARININ İŞ GÜVENLİĞİ EĞİTİMLERİNDE SANAL GERÇEKLİĞİN UYGULANABİLİRLİĞİ

Esra AKTAŞ
Gümüşhane Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, İş Sağlığı ve Güvenliği
esraaktas29@gmail.com

Sermin ELEVLİ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği
sermin.elevli@stu.omu.edu.tr

Özet
Çalışma süreleri boyunca çok çeşitli risk etmenlerine maruz kalan sağlık çalışanları için alınan güvenlik önlemlerinin ve oluşturulan güvenlik kültürünün yüksek düzeyde olması gerekmektedir. 2020 yılında yaşanan Covid-19 küresel salgınından çok sayıda sağlık çalışanın etkilenmesi bu ihtiyacı daha belirgin hale getirmiştir. Gerçekleşen insan kaynaklı iş kazalarının/iş hastalıklarının azaltılabilmesi ile güvenlik bilincinin ve kültürünün oluşturulabilmesi, iş güvenliği eğitimleri ile sağlanabilmektedir. Son zamanlarda gelişmekte olan teknoloji ile hayatımıza giren dördüncü sanayi devriminin bileşenlerinden olan sanal gerçeklik, sanal bir dünyanın içerisinde gerçekten bulunma hissi vermesi özelliği ile eğitimlere yeni bir boyut kazandırmaktadır. Bu teknoloji kullanılarak hazırlanan eğitimler eğitilen kişinin hem gerçek risklere maruz kalmadan düşük maliyetlerde gerçekleşmesini sağlarken, hem de eğitimin daha gerçekçi ve daha ilgi çekici bir şekilde yapılmasına olanak tanımaktadır. Bu sebeple bu çalışmada sağlık çalışanlarının iş güvenliği eğitimlerinde sanal gerçeklik teknolojisinin kullanımının uygulanabilirliği araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İş Güvenliği Eğitimi, Sağlık Çalışanları, Sanal Gerçeklik

APPLICABILITY OF VIRTUAL REALITY IN OCCUPATIONAL SAFETY TRAINING OF HEALTHCARE WORKERS

Abstract
For healthcare workers who are exposed to various risk factors during their working period, the security measures taken and the safety culture created must be at high level. The fact that numerous healthcare workers were affected by the Covid-19 pandemic in 2020 has made this need more pronounced. Reduction of human-caused occupational accidents/occupational diseases, creation of safety awareness and culture can be achieved through safety trainings. Virtual reality, which is one of the components of the fourth industrial revolution that has entered our lives with the recently developing technology, adds a new dimension to the training with its feature of giving the feeling of being in a virtual world. Training prepared using this technology allows the person to be trained, both at low costs without being exposed to real risks, and also allows the training to be carried out in a more realistic and more interesting way. For this reason, in this study, the applicability of using virtual reality technology in occupational safety training of healthcare workers was investigated.

Keywords: Occupational Safety Training, Healthcare Workers, Virtual Reality

ARABIC SIGN LANGUAGE RECOGNITION: A REVIEW

Ghadir Abdulhakim Abdo Abdullah Alselwi[a]
abdulhakim.alselwi@ogr.sakarya.edu.tr

Tuğrul Taşcı[b]
Sakarya University, Computer and Information Sciences Faculty,
Information Systems Engineering Department[a,b]
ttasci@sakarya.edu.tr

Abstract

Sign language is the language used by deaf people to communicate with one another and with common people. An interpreter is typically required when an ordinary person wishes to communicate with a deaf person. Visual sign language recognition is a dynamic area of research in computer vision. A functional sign language recognition (SLR) system can provide an opportunity for a deaf person to communicate with non-signed persons without the need for an interpreter. It can be used to produce speech or text that makes the mute more autonomous. Arabic Sign Language Recognition (ArSLR) is an important area of study. It helps to eliminate barriers between the deaf and the community. This paper includes a review of the Arabic Sign Language Recognition System (ArSLRS). Present challenges and future research opportunities are also illustrated.

Keywords: Sign Language (SL), Arabic Sign Language (ArSL), Arabic Sign Language Recognition (ArSLR).

ELEKTROFORETİK HİDROKSİAPATİT KAPLAMA ÖNCESİ ARAYÜZEY ÖZELLİKLERİNİN ANODİZASYON YOLUYLA OPTİMİZASYONU

Volkan Şenol
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
volkanansenol@gmail.com

Enbiya Türedi
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
enbiya.turedi@gmail.com

Merve Yılmaz
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
merve.ylmz006@gmail.com

Özet
Yaşanan kazalar sonrası işlevini yitiren eklemlerin, işlevinin geri kazandırılması, eksik olan veya işlevini yitirmiş dişlerin işlev ve estetiğinin iade edilmesi, çağın beraberinde getirdiği giyilebilir, taşınabilir teknolojilerin, neuralink gibi, vücuda entegrasyonun sağlanması adına implant teknolojisi hayatımızda önemli bir yer edinmiştir. Yapılan araştırmalara göre, osseointegrasyonun, kemik doku-implant malzeme yüzeyi arasındaki bağlantı, zayıf olmasından kaynaklı implant operasyonu başarısızlık oranı oldukça yüksektir. İmplant malzemenin, kemik dokusu ile olan birlikteliği geliştirilerek implantın kullanım ömrünü artırmak, yapılacak revizyon ameliyatı sayısını düşürmek mümkündür. Bu birlikteliği artırmak için önemli faktörler; malzeme seçimi ve seçilen malzemenin yüzey özelliklerinin geliştirilmesidir. Bu çalışmada biyomalzeme olarak tercih edilen Ti-6Al-4V alaşımına, elektroforetik hidroksiapatit kaplama öncesi, kaplamanın altlık yüzeye olan tutunma kuvvetini artırmak amacıyla, çeşitli parametrelerle anodizasyon uygulanmıştır. Anodizasyon işlemi için 2 tür çözelti kullanılmıştır. A çözeltisi, saf su içerisinde 1 M H2O2 ve 0.5 M NaOH'den oluşmaktadır. B çözeltisi ise saf su içerisinde 5 M NaOH'den oluşmaktadır. Anodizasyon 3 farklı potansiyelde(5 V, 10 V, 20 V) ve 3 farklı sürede(30 dk, 60 dk, 90 dk) uygulanmıştır. Anodizasyon sonrası gerçekleştirilen elektroforetik kaplama işlemi, 100 ml etanol ve 1 gr hidroksiapatit tozundan oluşturulan kaplama çözeltisi içerisinde 20 V 5 dk'da gerçekleştirildikten sonra 800°C'de sinterlenmiştir. Anodizasyon gerçekleştirilen yüzeylerde; yüzey pürüzlülüğü, SEM görüntüleri ve XRD verileri incelenmiştir. Anodizasyon sonrası elektroforetik hidroksiapatit kaplama yapılan yüzeylerde ise; SEM görüntüleri, XRD verileri ve optik mikroskop görüntüleri incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda; bir numaralı çözelti içerisinde gerçekleştirilen anodizasyon işleminde, yüzeyde ağsı oksit tabakasının oluştuğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Anodizasyon, Elektroforetik Biriktirme, Biyomalzeme, Ti6Al4V, İmplant.

OPTIMIZATION OF INTERFACE PROPERTIES THROUGH ANODIZATION BEFORE HYDROXYAPATITE COATING BY ELECTROPHORETIC DEPOSITION(EPD)

Abstract
Implant technology has become very important part of our lives due to regain abilities of joints which were lost in tragic accident, restore the function and aesthetics of teeth, the integration of wearable technology into the body such as neuralink. According to latest researches, implant operation failure rate is very high due to weak osseointegration which is called as connection between bone tissue and implant material surface. Increasing lifetime of implant and reducing revision surgery rate is possible through enhancing interface properties between implant material and bone tissue. There are two key factors to improve this relationship; material selection and advancing surface properties of selected material. In this study, Ti6Al4V alloy preferred as biomaterial was anodized with various parameters to increase adhesion strength between substrate and hydroxyapatite coating. Two types of solutions were used for the anodization process. Solution A consists of 1 M H2O2 and 0.5 M NaOH in distilled water. Solution B comprises of 5 M NaOH in distilled water. Anodization process was applied in 3 different potential(5 V, 10 V, 20 V) and 3 different time(30 min, 60 min, 90 min). Electrophoretic depositon performed after anodization process was carried out at 20 V for

5 minutes in a coating solution which consists of 100 ml ethanol and 1 gr hydroxyapatite powder then sintered at 800°C. Surface roughness, SEM images and XRD data were examined on anodized surfaces. Coated surfaces were investigated by SEM images, XRD data and Optical Microscope. It was observed that weblike oxide layer was formed on the surface in the Solution A as a result of examination.

Keywords: Anodization, Electrophoretic Deposition, Biomaterial, Ti6Al4V, Implant.

ULUSAL VERİ TABANINDA YAYINLANAN MATEMATİKSEL TUTUMA YÖNELİK YAPILAN ÇALIŞMALARIN BETİMSEL İÇERİK ANALİZİ

RÜVEYDA BETÜL SARI
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İlköğretim Matematik Eğitimi
ruveyda_sari@hotmail.com

Özet
Nitel araştırma yaklaşımlarından olan betimsel içerik analizi ilgili alanda yapılacak çalışmalara ışık tutmak ve yol göstermek bağlamında önemi büyük olup literatürlere kazandırılması gereken nitel çalışmaların başında gelir. Bu amaçla, araştırmacıların son yıllarda çokça yaygınlaşan "tutum" etkenini göz önünde bulundurmaları ve bu etkenin de bağımlı veya bağımsız değişkenlerden olabileceği gerçeğini de varsayarak araştırmalarına yön vermeleri için bir arşivleme çalışması yapılması hedeflenmiştir. Ayrıca öğrencilerin önyargıya çokça maruz kalan matematik dersine karşı oluşturdukları matematiksel tutumu çeşitli konu alanlarıyla birlikte ele alan araştırmaları derlemek ve sistematik bir dille yeni araştırmalara rehber olmayı amaçlamaktadır. Ulusal Veri Tabanında(YÖK) yayınlanmış lisansüstü tezlerden anahtar kelime olarak seçilen "tutum" etkeniyle ilgili olanları yapılan araştırmanın evrenini oluşturmaktadır. Ulusal Veri Tabanında "matematik tutum" ve "geometri tutum" anahtar kelimeleriyle taratıldığında bulunmuş çalışmalardan ilgilileri seçilmiş ve araştırmaya dahil edilmiştir. Çalışmaların her biri yayınlandığı yıl, bağlı olduğu üniversite, enstitü, araştırma yöntemi ve deseni gibi birçok temalara ayrılmış ve içerik analizi yapılmıştır. Bu çalışmanın bulgularına dayanılarak ilgili sınırlılıklar dahilinde içerik analizine tabi tutulmuş olan bu çalışmalar; tablolaştırılmış, yorumlanmış ve tenkit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Matematiksel tutum, geometrik tutum, içerik analizi

DESCRIPTIONAL CONTENT ANALYSIS OF THE STUDIES ON MATHEMATICAL ATTITUDE PUBLISHED ON THE NATIONAL DATABASE

Abstract
It has great importance in terms of shedding light and guiding the studies in the field of descriptive content analysis, which is one of the qualitative researches, and it is one of the qualitative studies that should be added to the literature. For this purpose it is aimed an archiving study that carries out in order for researchers to take into account the "attitude" factor, which has become widespread in recent years, and to direct their research by assuming the fact that this factor may be one of the dependent or independent variables. More over, iti is focused that compile studies to address the mathematical attitude of students towards the mathematics course, which is highly prejudiced, with various subject areas and to guide new researches with a systematic language. Among the postgraduate theses published in the National Database (YÖK), those related to the "attitude" factor selected as key words constitute the universe of the study. Relevant studies were selected and included in the study when they were scanned in the National Database with the keywords "mathematical attitude" and "geometry attitude". Each of the studies was divided into many themes such as the year of publication, university, institute, research method and design, and content analysis was made. These studies, which were subjected to content analysis within the relevant limitations based on the findings of this study; It has been tabulated, interpreted and criticized.

Keywords: Mathematical attitude, geometric attitude, content analysis

BİR İMALAT İŞLETMESİNDE SİMÜLASYON YÖNTEMİYLE SÜREÇ İÇİ ENVANTER MİKTARININ AZALTILMASI

Hakan Aydın
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği
hakanaydinn97@gmail.com

Akif Kılıç
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği
akifkilic@gmail.com

Tuğçen Hatipoğlu
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği
tugcen.hatipoglu@kocaeli.edu.tr

Ali İhsan Boyacı
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği
ali.ihsan@kocaeli.edu.tr

Alpaslan Fığlalı
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği
figlalia@kocaeli.edu.tr

Özet
Siparişe dayalı üretim türünde müşteri talebine göre ürün çeşitliliği yüksek olduğundan işgücü, tezgah ve malzeme kullanımında esneklik gerekmektedir. Bu sebeple üretim tahminleri müşteri taleplerine göre yapılmakta ve üretim planlamanın uzun vadeli yapılması zorlaşmaktadır. Bahsedilen bu belirsizliklerin azaltılması amacıyla bu üretim tipinde işletmeler süreç içi envanter tutmaktadırlar. Böylece üretimin kesintiye uğraması ve iş sürelerindeki belirsizlikleri önlenebilmektedir. Ancak tutulan bu envanter aynı zamanda bir maliyet kalemi de oluşturduğundan bu değerin optimum seviyede olması istenmektedir. Bu çalışma siparişe göre üretim yapan bir işletmede, panel üretim hattındaki süreç içi envanter miktarını azaltmak ve yerleşim düzenini yalınlaştırmak amacıyla yapılmıştır. Ayrıca tesis düzeni akış tipi olmadığından ortaya çıkan gereksiz taşımaların da azaltılması hedeflenmiştir. Çalışmada simülasyon yöntemi tercih edilmiş ve promodel paket programı kullanılmıştır. İşlem görecek parçaların biriktirilmediği durum, 5'erli biriktirildiği durum, 10'arlı biriktirildiği durum, 50'şerli biriktirildiği durum, 100'erli biriktirildiği durum gibi senaryolar denenmiş ve karı maksimize eden 5'erli üretim miktarı tercih edilmiştir. Mevcut durum analizinde yüksek miktarda tutulduğu belirlenen süreç içi envanter miktarı azaltılarak %10 luk bir iyileştirme sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mühendislik Uygulamaları, Envanter Yönetimi, Simülasyon

REDUCING THE AMOUNT OF IN-PROCESS INVENTORY IN A MANUFACTURING FACILITY WITH THE SIMULATION METHOD

Abstract
In order-based production type, flexibility is required in the use of workforce, workbench and materials, as the product range is high according to customer demand. For this reason, production estimates are made according to customer demands and it becomes difficult to make long term production planning. In order to reduce these uncertainties, enterprises in this production type keep in-process inventory. Thus, interruption of production and uncertainty in process time can be prevented. However, since this inventory also constitutes a cost item, this value is desired to be at the optimum level. This study was carried out in order to reduce the amount of in-process inventory in the panel production line and to simplify the layout of a company that manufactures according to order. In addition, it is aimed to reduce the unnecessary transportation that occurs because the facility layout is not flow type. Simulation method was preferred in the study and promodel

package program was used. Scenarios such as the situation where the parts to be processed are not accumulated, the situation where the parts are accumulated with 5, the situation where the 10 is accumulated, the situation where the 50 is accumulated, the case where the 100 parts are accumulated have been tried and the profit-maximizing production amount of 5 has been preferred. In the current situation analysis, the amount of in-process inventory, which was determined to be kept in high amounts, was reduced and an improvement of 10% was achieved.

Keywords: Engineering Applications, Inventory Management, Simulation

TÜRKİYE'DEKİ APATHYA CAPPADOCICA (WERNER, 1902) (REPTILIA: LACERTIDAE) TÜRÜNDE EŞEYSEL DIMORFIZM

Kamil Candan
Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü
kamil.candan@deu.edu.tr

Özet
Kayseri kertenkelesi, Apathya cappadocica (Werner, 1902), Lacertidae familyasında yer alan orta boyutlu bir türdür. Bu tür Türkiye, Suriye ve Irak'ın kuzeyi ve İran'ın batısından bilinmektedir. Dişi ve erkek bireyler arasındaki fenotipik farklılıkları içeren bir olgu olan Eşeysel Dimorfizm, davranış, şekil ve boyut özellikleri üzerinde birçok etkiyi keşfetmeyi amaçlamaktadır. Dokuz Eylül Üniversitesi, Biyoloji Bölümü'nden tamin edilen ve Güneydoğu Anadolu'dan toplanmış 87 yetişkin birey (38 erkek ve 49 dişi) kullanılmıştır. Metrik ölçümler bir dijital kumpas, meristik olanlar ise bir stereo mikroskop yardımı ile elde edilmiştir. Toplamda onbir metrik ve onaltı meristik karakter incelenmiştir. Cinsiyet ayrımına katkıda bulunan karakterleri belirlemek için tüm değişkenler normal dağılım gösterdiğinden Varyans Analizi (ANOVA) yapılmıştır. Son olarak, ayrım karakterleri (her iki metrik ve meristik için onar karakter) kullanılarak çok değişkenli düzeyde cinsiyetler arası varyasyonun boyutunu saptamak için temel bileşen analizi (PCA) gerçekleştirilmiştir. ANOVA analizinin sonuçlarına göre, tüm metrik özelliklerde erkeklerin dişilerden daha büyük boyutta olduğu tespit edilmiştir. PCA'ya göre ilk üç faktör toplam varyansın % 81.553'ünü açıklamaktadır. Erkek-erkek saldırganlığı ile ilişkilendirilen kafa boyutlarındaki farklılıklar kertenkelelerde iyi çalışılmıştır. Bu tür bir örüntü bu çalışma tarafından desteklenmektedir. Ayrıca, cinsel seçilim için bir sinyal mekanizması olan femoral porların sayısının erkeklerde dişilere göre daha fazla olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak, Apathya cinsine ait türlerin erkeklerin dişilerden daha büyük olması teorisine dayanan benzer bir modele sahip olduğu kabul edilebilir.

Anahtar Kelimeler: Apathya cappadocica, kertenkele, eşeysel dimorfizm, morfoloji

SEXUAL DIMORPHISM IN THE LACERTID LIZARD APATHYA CAPPADOCICA (WERNER, 1902) (REPTILIA: LACERTIDAE) FROM TURKEY

Abstract
Apathya cappadocica (Werner, 1902), the Kayseri Lizard, is a medium sized lizard species including into the family Lacertidae. The species is known from Turkey, Northern Syria and Iraq, and West Iran. Sexual Dimorphism (SD), which is a phenomenon including phenotypic differences between males and females, have aimed to discover many effects on behaviour, shape and size characteristics. A total of 87 adult lizard specimens (38 male and 49 female) which were collected from southeastern Anatolia were used obtaining from the Department of Biology, Dokuz Eylül University. The metric measurements were taken using a digital caliper with sensitivity of 0.01 mm, and pholidosis characters were counted under a stereo microscope. Eleven morphometric and sixteen meristic characters were examined for whole adult specimens. To determine the characters that contribute to discrimination of sexes, Analysis of Variance (ANOVA) was performed since all variables exhibit normal distribution. Finally, a principal component analysis (PCA) was conducted to detect size of variation inter-sexes in the multivariate level using the remaining informative variables (ten for both morphometric and meristic). The results of ANOVA showed that all morphometric features exhibit pattern which males have larger size than females. According to PCA, the first three factors explain 81.553% of the total variance. Differences of head size between sexes have been well-documented in lizards and associated with male-male aggression which is resulted in mating success. This kind of pattern are supported by this study. Additionally, the results showed that males have more femoral pores, which is a signalling mechanism for sexual selection, than females. In conclusion, it can be accepted that the species of genus Apathya has similar pattern which is based on larger male theory.

Keywords: Apathya cappadocica, lizard, sexual dimorphism, morphology

AKCİĞER CT DOKU ANALİZİ VERİLERİNDE MAKİNE ÖĞRENMESİ İLE COVID-19 TESPİTİ

Fehime Yigit
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği
fehimeyigit@gmail.com

Alpaslan Burak İnner
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği
binner@kocaeli.edu.tr

Özgür Çakır
Kocaeli Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Radyoloji Bölümü
ozgur.cakir@kocaeli.edu.tr

Özet
Binlerce kişinin hayatını kaybetmesine sebep olan COVID-19 (Yeni Koronavirüs Hastalığı); şiddetli ve bulaşıcı bir solunum yolu hastalığıdır. COVID-19 ilk olarak Çin'in Hubei eyaletinin Wuhan şehrinde 2019 Aralık ayının sonlarında bazı belirtilere sahip olan bir grup insanda tespit edilmiştir. Salgın hızla Çin'in diğer eyaletlerine ve daha sonra da tüm dünyaya yayılmıştır. Türkiye'de resmi olarak ilk COVID-19 vakası 11 Mart 2020'de tespit edilmiştir. Covid-19 tanısı koyma işlemi; vücutta meydana gelen bazı belirtilerle birlikte, Covid-19 PCR, Covid-19 Antikor testleri ve radyografik görüntülerden elde edilen bulgularla yapılmaktadır. Radiomics radyografik tıbbi görüntülerden çok sayıda sayısal parametrik değerler çıkararak daha verimli şekilde elde edilen veridir. Bu çalışmada; 60 hastaya ait akciğer CT görüntü verileri uzman radyolog tarafından 3D Slicer ve Pyradiomics yazılımlarıyla filtreleme ve segmentasyon adımlarını da içeren doku analizi işlemi yapılarak elde edilmiş 116 öznitelik içeren radiomics verileri kullanılmıştır. Veri ön işleme adımında radiomics sürüm bilgilerini içeren öznitelikler çıkarılmıştır. Covid-19 tanı sonucu pozitif olarak belirlenmiş hastalara ait veriler 1 olarak etiketlenmiştir.Geriye kalan tüm hastalara ait veriler 0 olarak etiketlenmiştir. Covid-19 ile ilgili özniteliklerin sayısının azaltılması içi Chi Square Test kullanılmıştır. Elde edilen özniteliklerle K-En Yakın Komşular(KNN) sınıflandırma algoritması kullanılarak verilerin Covid-19 pozitif ve negatif sınıflarından hangisine ait olduğu belirlenmiştir.Bu çalışma sonucunda %79 sınıflandırma başarısı elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Covid-19,Makine Öğrenmesi, KNN, Radiomics, Doku Analizi.

COVID-19 DETECTION WITH MACHINE LEARNING-BASED CT TEXTURE ANALYSIS

Abstract
COVID-19 (New Coronavirus Disease), which caused thousands of deaths; It is a severe and contagious respiratory disease. COVID-19 was first detected in a group of people with some symptoms in Wuhan, China's Hubei province, in late December 2019.The epidemic quickly spread to other provinces of China and then to the whole world. The official first case was detected in Turkey on March 11, 2020. The process of diagnosing Covid-19; Along with some symptoms that occur in the body, Covid-19 PCR is performed with findings obtained from Covid-19 Antibody tests and radiographic images. Radiomics is data obtained more efficiently by extracting a large number of numerical parametric values from radiographic medical images. In this study; Lung CT image data of 60 patients were obtained by the radiologist by using 3D Slicer and Pyradiomics software by tissue analysis including filtering and segmentation steps, and radiomics data containing 116 features were used.Attributes containing radiomics version information were removed in the data preprocessing step.The data of patients with a positive diagnosis of Covid-19 were labeled as 1.The data of all remaining patients are labeled as 0.Chi Square Test was used to reduce the number of attributes related to Covid-19.Using the K-Nearest Neighbors (KNN) classification algorithm with the obtained features, it was determined which of the Covid-19 positive and negative classes the data belonged.As a result of this study, 79% classification success was achieved.

Keywords: Covid-19,Machine Learning, KNN,Radiomics, Texture Analysis

OPTICAL AND STRUCTURAL CHARACTERISATION OF TERNARY CHALCOGENIDE TLSBSE2

MUSTAFA AYDIN
İstanbul Üniversitesi, FEN FAKÜLTESİ, FİZİK
mustafaaydin@istanbul.edu.tr

FURKAN KURUOĞLU
İstanbul Üniversitesi, FEN FAKÜLTESİ, FİZİK
furkan.kuruoglu@istanbul.edu.tr

FAHRETTİN SARCAN
İstanbul Üniversitesi, FEN FAKÜLTESİ, FİZİK
fahrettin.sarcan@istanbul.edu.tr

ÖMER DÖNMEZ
İstanbul Üniversitesi, FEN FAKÜLTESİ, FİZİK
omerdonmez@istanbul.edu.tr

SAFFETTİN YILDIRIM
İstanbul Üniversitesi, FEN FAKÜLTESİ, FİZİK
safyield@istanbul.edu.tr

AYŞE EROL
İstanbul Üniversitesi, FEN FAKÜLTESİ, FİZİK
ayseerol@istanbul.edu.tr

Özet
We have studied absorption and emission mechanisms of layered compound TlSbSe2 grown by the Bridgman-Stockbarger method. The composition of the elements and homogeneity of TlSbSe2 are investigated using Scanning electron microscopy and energy dispersive spectroscopy (EDS) measurements. Temperature-dependent photoluminescence (PL) and photoconductivity measurements are carried out between 30 K and 300 K. While the PL intensity is stronger at the low temperatures; photoconductivity is stronger on the high lattice temperatures, which can be related to type of the dominant mechanisms being defect-assisted and/or band-to-band transitions. The intensity dependent PL spectra exhibit independent characteristic of excitation intensity, which indicates that there is not a localised level-related structure at conduction band and valance band edges. The bandgap energy of the TlSbSe2 found to be 0.95 eV at room temperature. The strong absorption at room temperature photoconductivity for the visible/near infrared region of electromagnetic spectrum may pave the way that ternary chalcogenide TlSbSe2 can be used as an active material for the visible photodetector applications.

Anahtar Kelimeler: TlSbSe2, Ternary Chalcogenides, Photoluminescence, Photoconductivity

KESİRLİ BAGLEY TORVİK DİFERANSİYEL DENKLEMİ İÇİN NÜMERİK YAKLAŞIMLAR

Eda AKARSU
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, FEN FAKÜLTESİ, MATEMATİK
edaakarsu@posta.mu.edu.tr

Mustafa GÜLSU
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, FEN FAKÜLTESİ, MATEMATİK
mgulsu@mu.edu.tr

Özet
Bu çalışmada, ötelenmiş Legendre polinomları kullanılarak bir operasyonel matris oluşturulmuş ve kesirli Bagley-Torvik diferansiyel denklemini çözmek için bu matristen yararlanılmıştır. Bu yaklaşımlarda Caputo anlamında kesirli türev kullanılmıştır. Operasyonel matris kullanılarak bir denklem sistemi elde edilmiş ve ötelenmiş Legendre operasyonel matris yöntemi ile elde edilen denklem sistemi Newton iterasyon yöntemi kullanılarak çözülmüştür. Sunulan yöntemin faydasını ve geçerliliğini göstermek için açıklayıcı örnekler dahil edilmiştir. Sunulan çalışma ile mevcut yöntemin kesirli mertebeden Bagley -Torvik diferansiyel denklemini çözmek için oldukça etkili olduğu gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlar, uygulanabilirliklerini doğrulamak için literatürdeki diğer mevcut yöntemlerle karşılaştırılmıştır. Çalışmada tüm hesaplamalar için Maple 15 ve MatLab programı kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kesirli Bagley-Torvik Denklemi, Ötelenmiş Legendre Polinomları, Operasyonel Matris

A NUMERICAL APPROACH FOR FRACTIONAL BAGLEY TORVIK EQUATIONS

Abstract
In this study, an operational matrix is created by using the shifted Legendre polynomials and this matrix is used to solve the fractional Bagley-Torvik equation. The fractional derivative are described in the Caputo sense. A system of equations is obtained using an operational matrix. The system of equations obtained by the shifted Legendre operational matrix method is solved by using the Newton iteration method. Illustrative examples are included to demonstrate the usefulness and validity of the present methods. With the examples presented, it is seen that present method is effective for solving the fractional-order Bagley -Torvik differential equation. The obtained results are compared with other available methods in the literature to validate their applicability. Maple15 and MatLab programs are used for the calculations required in the study.

Keywords: Fractional Bagley-Torvik Equations, Shifted Legendre Polynomials, Operational Matrix

E VİTAMİNİ, C VİTAMİNİ VE SELENYUM TAKVİYELERİNİN SERUM PARAOKSONAZ-1 AKTİVİTESİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Başak Gökçe
Süleyman Demirel Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi/Temel Eczacılık Bilimleri, Biyokimya
basak1984@gmail.com

Özet
Bu çalışmanın amacı, E vitamini, C vitamini ve selenyum desteklerinin serum paraoksonaz (PON1) aktivitesi üzerindeki etkilerini araştırmaktır. E Vitamini, C vitamini ve selenyum, vücudu serbest radikallerin zararlı ve yıkıcı etkilerinden korumak için birbirine bağımlı olarak çalışan antioksidan özelliklere sahip doğal takviyelerdir. E vitamini, C vitamini ve selenyum takviyesinin saflaştırılmış insan serum paraoxonase1 aktivitesi üzerindeki etkileri literatürde ele alınmamıştır. İnsan serum paraoksonaz 1 (PON1) enzimi, karaciğer tarafından sentezlenir ve seruma yüksek yoğunluklu lipoproteinlerle (HDL)'ye bağımlı olarak salgılanır. Antioksidan özellikleriyle dikkat çeken PON1, laktonaz, arilesteraz ve paraoksonaz aktivitesine sahiptir. Düşük yoğunluklu lipoproteinleri (LDL) lipid peroksidasyonuna karşı koruyarak HDL'nin antioksidan aktivitesinde çok önemli bir rol oynadığı ve böylece ateroskleroz gelişimini zayıflattığı yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır. Ayrıca, HDL'nin antiinflamatuvar rolünü modüle eder. Metabolik hastalıklara karşı (tip 1 ve 2 diyabet, hiperkolesterolemi ve metabolik sendrom dahil olmak üzere) ateroskleroz ile bağlantılı çok sayıda patolojik durumda ve yaşlı popülasyonlarda düşük PON1 aktivitesi bulunmuştur. İnsan serum paraoksonaz enzimi, hidrofobik etkileşim kromatografisi ile iki aşamalı olarak saflaştırılmış ve farklı konsantrasyonlardaki vitamin takviyeleri ile etkileşimi incelenmiştir. Farklı konsantrasyonlardaki takviyelerinin PON1 enzimini modüle ettiği gözlenmiştir. Literatürde beslenmenin paraoksonaz enimi üzerine etkileri ve deney hayvanları üzerinde antioksidan özellikleriyle takviye olarak alınan vitamin E, vitamin C ve selenyumun serum PON1 seviyelerini arttırdığı gözlenmiştir. İlk defa saflaştırılmış PON1 enzimi ile takviylerle in vitro olarak yapılan bu çalışma in vivo literatür çalışmaları ile paralellik göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Paraoksonaz 1, saflaştırma, vitamin E, vitamin C, selenyum

THE EFFECTS VITAMIN E, VITAMİN C AND SELENIUM SUPPLEMENTS ON SERUM PARAOXONASE-1 ACTIVITY

Abstract
The aim of this study is to investigate the effects of vitamin E, vitamin C and selenium supplements on serum paraoxonase (PON1) activity. Vitamin E, vitamin C, and selenium are natural supplements with antioxidant properties that work interdependently to protect the body from the harmful and destructive effects of free radicals. The effects of vitamin E, vitamin C and selenium supplementation on purified human serum paraoxonase1 activity have not been addressed in the literature. Human serum paraoxonase 1 (PON1) enzyme is synthesized by the liver and secreted into the serum with high density lipoproteins (HDL) dependent. Standing out with its antioxidant properties, PON1 has lactonase, arylesterase and paraoxonase activity. Studies have proven that by protecting low density lipoproteins (LDL) against lipid peroxidation, HDL plays a very important role in antioxidant activity, thus weakening the development of atherosclerosis. Also, it modulates the anti-inflammatory role of HDL. Low PON1 activity has been found against metabolic diseases (including type 1 and 2 diabetes, hypercholesterolemia and metabolic syndrome) in numerous pathological conditions associated with atherosclerosis and in elderly populations. Human serum paraoxonase enzyme was purified in two steps by hydrophobic interaction chromatography and its interaction with vitamin supplements of different concentrations was investigated. It has been observed that supplements of different concentrations modulate the PON1 enzyme. In the literature, it was observed that the effects of nutrition on paraoxonase enzyme and vitamin E, vitamin C and selenium taken as supplements with antioxidant properties increased serum PON1 levels in experimental animals. This study, which was carried out for the first time in vitro with supplements with the purified PON1 enzyme, parallels with in vivo literature studies.

Keywords: Paraoksonaz 1, saflaştırma, vitamin E, vitamin C, selenyum

UYUMLAŞTIRICI ETKİSİNİN ABS/PA6 KARIŞIMLARI ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

SEÇKİN ŞİMŞEK
Yalova Üniversitesi, Mühendislik, Polimer Mühendisliği
seckin.s@epsan.com

ECEM YILDIRIM
Ege Üniversitesi, Mühendislik, Kimya Mühendisliği
ecem@epsan.com

Özet
Poliamid-6 (PA6), akrilonitril-bütadien-stiren (ABS) ve bunların karışımları, elektronik ve otomotiv endüstrilerinde yaygın olarak kullanılan önemli mühendislik termoplastik polimerleridir [1]. Poliamid, birçok farklı türde, yüksek mukavemete ve iyi elektriksel özelliklere sahiptir. Poliamidlerin üstün özellikleri arasında, nispeten yüksek sıcaklıklarda kullanılabilme yetenekleri, iyi mekanik özellikler ve işleme kolaylığı bulunmaktadır. Ancak PA6, hidroskopik yapısı nedeniyle, yüksek nem hassasiyeti ve düşük darbe dayanımı gibi bazı eksikliklere sahiptir. Öte yandan, ABS iyi darbe direncine, düşük neme ve işlene bilirlik zorluğuna sahip bir polimerdir. Bu polimerlerin özelliklerini iyileştirmek için pek çok çaba gösterilmiştir. Polimer özelliklerini iyileştirmek için iki polimerin karıştırılması, yeni polimeri sentezlemeye gerek kalmadan istenen özellikleri elde etmek için iyi bir yoldur. PA6 / ABS karışımları, nispeten düşük ABS maliyeti ve işlene bilirlik nedeniyle endüstriyel ilgi görmüştür. Ancak, bu polimerin karışımı, zayıf arayüzey yapışması ve uyumsuzluk nedeniyle zayıf fiziksel özellikler sağlar [2]. Bu nedenle bu çalışmada, uyumlaştırıcı yükleme seviyesinin etkisi PA6 / ABS karışımları için incelenmiştir. Stiren Etilen Butilen Stiren [SEBS) uyumlaştırıcı olarak seçilmiş ve karışımların uyumlu hale getirilmesi için farklı yükleme seviyelerinde kullanılmıştır. Uyumlaştırılmış harmanlar, ekstrüzyon ve enjeksiyonla kalıplama teknikleriyle hazırlandı. PA6 / ABS karışımının mekanik ve ısıl özellikleri çekme, 3 noktalı eğme, Izod Charpy darbe testleri, ısı sapma sıcaklığı (HDT)A-B ile incelenmiştir. Uyumlaştırıcı miktarının karışımdaki etkisini incelemek için ağırlıkça %3, %5 ve %10 kullanılmasına karar verilmiştir. Uyumlaştırıcı miktarı %3'ten %5'e çıktığında Izod darbe değerinin 8 kJ / m²'den 70 kJ / m²'ye çıktığı tespit edilmiştir. Uyumlaştırıcı miktarının %5'ten %10'a çıkarılması sonucunda İzod darbe değerlerinde herhangi bir değişiklik olmamıştır.

Anahtar Kelimeler: PA6, ABS, karışım, uyumlaştırıcı, mekanik özellikler

INVESTIGATION OF COMPATIBILIZER EFFECT ON THE PROPERTES OF ABS/PA6 BLEND

Abstract
Polyamide-6 (PA6), acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS), and their blends are the important engineering thermoplastic polymers that are widely used for electronic and automotive industries [1]. Polyamide has high strength and good electrical properties with the many different types. The superior properties of polyamides include their ability to be used at relatively high temperatures, good mechanical properties and ease of the process. However, PA6 has some disadvantages such as low impact resistance and high moisture sensitivity due to its hydroscopic structure. On the other hand, ABS has good impact resistance, low humidity and difficulty of processibility. Many efforts have been made to improve the properties of these polymers. Mixing two polymers to produce blends is a well-stabilized route to achieve desirable properties, without the need to synthesize new polymer. The blends of PA6 /ABS have gained industrial interest to the relatively low cost of ABS and and processability. But, the simple blend of this polymer provides poor physical properties due to the weak interfacial adhesion [2]. In this study, the loading level of the compatibilizer effect was examined for PA6/ABS blends. Styrene Ethylene Butylene Styrene [SEBS) was used as a compatibilizer with different loading level to compatibilized of the blend. The compatibilized blends were prepared by extrusion and injection molding techniques. Mechanical and thermal properties of PA6/ABS blend were investigated by tensile, 3-point bending, Izod Charpy impact tests, heat deflection temperature (HDT) A-B. It was decided to use 3%, 5%, and 10% to examine the effect of the compatibilizer amount in the blend. It is found that when the amount of compatibilizer increased from 3% to 5%, the Izod impact value increased from 8 kJ/m²

to 70 kJ/m². There has been no change in Izod impact values as a result of the increase the amount of compatibilizer from 5% to 10%.

Keywords: PA6, ABS, blend, compatibilizer, mechanical properties

MILK RUN SİSTEMİNDE ROTALAMA İÇİN SEZGİSEL BİR YAKLAŞIM UYGULAMASI

Ali İhsan Boyacı
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği
ali.ihsan@kocaeli.edu.tr

Tuğçen Hatipoğlu
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği
tugcen.hatipoglu@kocaeli.edu.tr

Alpaslan Fığlalı
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği
figlalia@kocaeli.edu.tr

Özet
Lojistik eski zamanlardan beri ürün ve hizmet ulaştırma fonksiyonuyla işletmeler için önemli bir maliyet ve pazarlama unsurudur. Bu alanda yapılan iyileştirmeler şirketler açısından rekabet konusunda oldukça önemli bir role sahiptir. Özellikle tam zamanında üretim felsefesi ile çalışan şirketler düşük stok seviyeleri gibi tüm alanlarda israfı önleyecek faaliyetleri uygulamaya çalışmaktadırlar. Bu firmalar için lojistik ve tedarik zinciri yönetimi kilit noktadır. Bu alanda yapılan iyileştirmeler kaldıraç etkisi nedeniyle, işletmelere karlılık artışı olarak geri dönmektedir. Milkrun taşımacılık sistemi, lojistik alanında israfları önlemek ve maliyetleri düşürmek için yapılan uygulamalardan biridir. Bu sistem bir araç tarafından belirli rota içerisinde çeşitli malzemelerin ve malzemelerin konulduğu kapların dağıtılması ve/veya toplanmasını içermektedir. Milkrun sistemlerinde rotaların optimum şekilde belirlenmesi sistemin verimliliği ve maliyetleri azaltmak açısından oldukça önemlidir. Bu çalışmada Türkiye'de otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir şirketin Marmara bölgesinde taşıma yapan Milkrun sisteminin planlanması ele alınmıştır. Çalışmada toplam yolun minimizasyonu hedeflenmiştir. Bu amaçla talep miktarlarına göre tedarikçilere uğrama sıklıkları belirlenmiş ve Clarke-Wright algoritması kullanılarak günlük rotalar minimum yol uzunluğuna sahip olacak şekilde belirlenmiştir. Uygulanması oldukça kolay olan bu sezgisel yaklaşım ile optimum çözüm garanti edilmese de toplam kat edilen yol açısından mevcut durumdan çok daha iyi bir planlama elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Milkrun Uygulaması, Clarke- Wright Algoritması, Araç Rotalama.

IMPLEMENTING AN HEURISTIC APPROACH FOR ROUTING IN MILK RUN SYSTEM

Abstract
Logistics has been an important cost and marketing element for businesses with its product and service delivery function since ancient times. Improvements in this area have a very important role in competition for companies. Especially companies working with just-in-time production philosophy try to implement activities that prevent waste in all areas such as low stock levels. Logistics and supply chain management is the key point for these companies. The improvements made in this field are returned to the enterprises as an increase in profitability due to the leverage effect. Milkrun transportation system is one of the applications in the field of logistics to prevent waste and reduce costs. This system involves the distribution and / or collection of various materials and containers within a certain route by a vehicle. Determining the optimum routes in milkrun systems is very important in terms of efficiency of the system and reducing costs. In this study, the planning of a company's Milk Run system operating in the automotive sector in Turkey were discussed. The aim of the study is to minimize the total path. For this purpose, the frequency of visiting suppliers was determined according to the demand amounts and daily routes were determined to have the minimum total distance using the Clarke-Wright algorithm. With this intuitive approach, which is very easy to apply, although the optimum solution is not guaranteed, a much better planning has been achieved in terms of the total distance traveled.

Keywords: Milk Run Application, Clarke- Wright Algorithm, Vehicle Routing

EZİNE (ÇANAKKALE) VE ÇEVRESİNİN NEOTEKTONİK İNCELEMESİ

Mert Akın
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği
gsmertakin94@gmail.com

Ömer Feyzi Gürer
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği
ofgurer@kocaeli.edu.tr

Ercan Sangu
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği
esangu@kocaeli.edu.tr

Aysan Gürer
İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği
agurer@istanbul.edu.tr

Özet
Biga Yarımadası'nın batısında Paleozoyik-Mesozoyik metamorfik masifler ve farklı yön ve dönemlerde gelişmiş genç fay sistemleri bulunmaktadır. Bu çalışmada metamorfik masifleri sınırlayan bu fayların türlerini, oluşum sürelerini ve kinematiğini araştırdık. Saha gözlemlerimiz ve kinematik çalışmalarımız, bölgede Neojen ile Kuvaterner arasında üç gerilim fazı olduğunu göstermiştir. Yapılan analize göre, Miyosen-Pliyosen'de ilk evrede bölge, Batı Anadolu'da etkin olan KB-GD yönlü gerilmenin etkisi altında kalmıştır. Bu gerilme ile Biga Yarımadası'nın güneyinde gelişen bir sıyrılma fayı ile Kazdağ, Çamlıca ve Karadağ Masifleri yükselmiştir. Bu genişlemeli rejim, Bayramiç ve Edremit Havzaları'nı açmıştır. İkinci aşamada, Orta-Geç Pleyistosen'de, kısa ömürlü KD-GB sıkışma rejimi bölgeyi etkiledi. Orta-Geç Pleyistosen sıkışmasında gelişen ters fay ve bindirmeler ile özellikle Kavakdağ Yükselimi başta olmak üzere tüm bölge yükselmiştir. Üçüncü aşamada, Kuzey Anadolu Fay Sistemi'nin Marmara bölgesine girişi ile Orta-Geç Pleyistosen'de sağ-yanal atımlı ve sol aşmalı faylar gelişmiştir. Holosen boyunca gerilimin yönü Kuzey Anadolu Fay Sistemi'nin etkisi ile KD-GB'ye dönmüştür. Bölgeden elde ettiğimiz veriler, Miyosen-Pliyosen'de Batı Anadolu Genişleme Sistemi'nin, Orta-Geç Pleyistosen'de sıkışma rejiminin ve Holosen'de Kuzey Anadolu Fay Sisteminin Biga Yarımadası'nın morfotektonik gelişiminde ana rol oynadığını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Batı Anadolu Gerilmeli Sistemi, Kuzey Anadolu Fay Sistemi, Sıkışmalı sistem Neotektonik,

Abstract
To the west of Biga Peninsula, there are Paleozoic-Mesozoic metamorphic massifs and young fault systems developed in different directions and periods. In this study, we investigated the types, formation times and kinematics of these faults bounding metamorphic massifs. Our field observations and kinematic studies have shown that there are three stress phases between the Neogene and the Quaternary in the region. According to the performed analysis, in the first phase of the Miocene-Pliocene, the region was affected by the NW-SE stress continuing over western Anatolia. With this extension, Kazdağ, Çamlıca and Karadağ Massifs were uplifted by a detachment fault that developed in the south of Biga Peninsula. This extensional regime opened Bayramiç and Edremit Basins. In the second phase, in the Middle-Late Pleistocene, the short-lived NE-SW compression regime affected the region. With the reverse faults and thrusts that developed in the Mid-Late Pleistocene compression, the whole region, especially the Kavakdağ Uplift, was uplifted. In the third stage, with the entrance of the North Anatolian Fault System to the Marmara region, right-lateral and left step-over faults developed in the Mid-Late Pleistocene. During the Holocene, the direction of the extension turned to NE-SW with the effect of the North Anatolian Fault System. The data we obtained from the region showed that the Western Anatolian

Expansion System in the Miocene-Pliocene, the compressional regime in the Middle-Late Pleistocene and the North Anatolian Fault System in the Holocene played a major role in the morphotectonic development of the Biga Peninsula.

Keywords: Western Anatolian Extensional System, North Anatolian Fault System, Compressional System, Neotectonic

TRİKLOSAN ANTİMİKROBİYALLERİN GİYSİLİK DOKUMA KUMAŞLARA ETKİSİ VE KARAKTERİZASYONU

Nilüfer Yıldız VARAN
Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Müh. Böl.
nvaran@pau.edu.tr

Özet
Antimikrobiyaller, cansız nesneler ve yüzeyler üzerinde bakteri, virüs veya mantar gibi zararlı mikroorganizmaları yok etmek veya büyümesini engellemek için kullanılan maddeler veya madde karışımlarıdır. Bu çalışmada hasta, ameliyathane ve acil durum odalarının mikroplardan uzak tutulmasına yardımcı olmak için bakteri ve virüsleri öldürebilen triklosan ajanları kullanılarak alternatif bir yöntem sunulmuştur. Test numuneleri, kullanım sırasında rahatlık ve bakteri, virüs, mantar (BVF) direncine yardımcı olmak için antimikrobiyal / antiviral / antifungal özellikler elde etmek için triklosan ile bitim işlemine tabi tutulmuştur. Triklosan ile muamele edilmiş pamuk ve pamuk/elastan kumaşların muamele edilmemiş kontrol numuneleri ile karşılaştırmalı olarak fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmıştır. Yapılan deney sonuçlarına göre, triklosan ile işleme tabi tutulan numunelerin gerilme mukavemeti (şerit ve kavrama yöntemleri), yırtılma mukavemeti ve dikiş mukavemeti için istatistiksel olarak anlamlı küçük bir düşüş gözlemlenmiştir. Ayrıca, tüm numuneler için triklosan konsantrasyonundaki artışla da istatistiksel olarak anlamlı küçük bir düşüş gözlemlenmiştir. Panama örgüleri, en düşük gerilme mukavemetini ve en yüksek yırtılma mukavemetini değerlerini vermiştir ve muamele edilen tüm numuneler için istatistiksel olarak küçük anlamlı bir düşüş gözlemlenmiştir. Antimikrobiyal testler, işlenen tüm numunelerin çok iyi antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğunu ve bu da gelecekteki tasarımlarda kullanıcılar için hijyenik ortam sağlayarak antivirüs korumasına yol açabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Triklosan, antimikrobiyal, antivirüs, koruma, pamuk, kumaş.

TRICLOSAN ANTIMICROBIALS ON WOVEN CLOTHINGS AND THEIR CHARACTERIZATION

Abstract
Antimicrobials are substances or mixtures of substances used to destroy or suppress the growth of harmful microorganisms such as bacteria, viruses, or fungi on inanimate objects and surfaces. In this study, an alternative method is presented using triclosan agents that can kill bacteria and viruses to help keep patient, operating, and emergency rooms free of germs. Samples were treated with triclosan to achieve antimicrobial/antiviral/antifungal properties for further designs to help comfort and bacteria, virus, fungi (BVF) resistantance during use. The physical, and mechanical properties of triclosan treated cotton and cotton/elastane fabrics in comparison with untreated control samples was investigated. The results showed that a small significant decrease was observed for tensile strength (strip and grab methods), tear strength and seam strength. Besides, statistically small significant decrease was observed with the increase in triclosan concentration for all samples. The panama weaves showed the lowest tensile strength and the highest tear strength and statistically small significant decrease was observed for all treated samples. The antimicrobial tests showed that all treated samples have a very good antimicrobial activity which can also lead to antivirus protection by providing hygienic environment for the users during future designs.

Keywords: Triclosan, antimicrobial, antivirus, protection, cotton, fabrics.

DEVELOPMENT OF NEW ELECTROACTIVE POLYMERS FOR SMART WINDOWS

Sermet Koyuncu
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, fen bilimleri, kimya
skoyuncu@comu.edu.tr

Gülşen Bahar
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, fen bilimleri, enerji kaynakları ve yönetimi
gulsenbahar@yahoo.com

Abstract
A smart window prototype is developed by using neutral state colorless semi-conducting polymer KP-2. Optical characterization of synthesized molecules was investigated by ultraviolet visible absorption spectroscopy. By using different coating techniques such as spin coting and spray coating, and also by employing different polymer thicknesses, the performance of prepared small area (2,5cmx2,5cm) devices was investigated. Finally, a large area (10cmx10cm) electrochromic device was prepared and performance measurements were realized. In conclusion, devices prepared in different layer thicknesses such as 2, 3 , 4 and 5 layers, we have found that devices with 2 layers and 4 layers of polymer KP-2 retained %98 and %95 respectively of its optical properties, besides , devices with 3 and 5 layers of polymer KP-2 thicknesses have retained only %75 and %63 respectively of their optical properties .The performance of large area (10cmx10cm) device with 4 layers of polymer thickness is found to be %71. These results show that large area electrochromic devices can be elaborated by using these polymers and further studies can be realized for better performance values.

Keywords: Electroactive polymers, smart windows, electrochromism

AKILLI CAM UYGULAMALARI İÇİN YENİ TÜR ELEKTROAKTİF POLİMERLERİN GELİŞTİRİLMESİ

Özet
Bu çalışmada nötral durumda şeffaf özellik gösteren yarıiletken KP-2 polimeri kullanılarak bir akıllı cam prototipi geliştirilmiştir. Sentezlenen moleküllerin optik karakterizasyonu ultraviole görünür bölge absorpsiyon spektroskopisiyle belirlenmiştir. Spin kaplama ve sprey kaplama gibi farklı kaplama teknikleri kullanılarak ve farklı polimer kalınlıkları uygulanarak küçük alan (2.5cm x2,5cm) boyutunda akıllıcam cihazı hazırlanmıştır ve özellikleri incelenmiştir. Son olarak, büyük alan (10cmx10cm) boyutlarında cihaz ahzırlanmış ve performanas ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda 2,3,4 ve 5 kat kaplanan cihazlarda , 2 kat ve 4 kat polimer kaplı olanların optik özelliklerini sırasıyla %98 ve %95 oranında koruduğu saptanmıştır. Bunun yanında 3 ve 5 kat KP-2 polimeri kaplı cihazlarda optik özelliklerin sırasıyla %75 ve %63 oranında koruduğu görülmüştür. Büyük alan elektrokromik cihazın 4 kat polimer kaplı olarak, %71 oranında optik özelliklerini koruduğu saptanmıştır. Bu sonuçlar daha iyi performans gösterebilecek elektrokromik cihazların üretilebilmesinin mümkün olduğunu göstermiştir.

Anahtar kelimeler : Elektroaktif polimerler, akıllı camlar, elektrokromizm.

YEAR-DEPENDENT CHANGE OF DNP PARAMETERS IN p-DIFLUOROBENZENE SUSPENSION WITH ASPHALTENE

Handan Engin Kırımlı
Bursa Uludag University, Sciences and Arts Faculty, Physics Department
hengin@uludag.edu.tr

Abstract
Petroleum asphaltenes are the heaviest, most aromatic and most coplex component of crude oil. In solution-state, nuclear polarization increas by the methods of DNP based on the effect of transfer the polarization from electronic spins to a system of nuclear spins. In this study, the nuclear spins are proton spins, which are the nuclei of the hydrogen atom in the solvent molecule. The Electron spins belong to the intense aromatic structure of asphaltene micelles, unpaired electron delocalized at incomplete carbon bonds. ODNP were performed to study samples of asphaltene/ p-Difluorobenzene at 1.53 mT. p-difluorobenzen solvent with asfalten in three different concentrations waiting five years with oxygen removed have been stuied. Dynamic nuclear polarization parameters such as the enhancement factor (A_∞), the ultimate enhancement factor (U_∞), the nuclear-electron coupling parameter (ρ), the importance on dependent scalar coupling parameter (K), the saturation factor (s), the leakage factor (f) were determined via Overhauser dynamic nuclear polarization experiments performed again. The ρ value can vary from -1 in the case of pure scalar coupling to +0.5 in the case of pure dipolar coupling. The results of our studies and the calculated parameters, especially the coupling parameter, indicates that there were dipolar interactions between nuclei and free electron spins. These dipolar interactions indicate that, at the end of five years the the asphaltene micelles in suspension agglomerated and that make the molecule movements slower. The obtained dynamic nuclear polarization parameters were compared with their values in the literature and it was observed that the parameters decreased slightly with time.

Keywords: DNP, Overhauser Effect, Asphaltene, Sample Age.

ASFALTENLİ p-DİFLUOROBENZEN SÜSPANSİYONUNDA DNP PARAMETRELERİNİN YILA BAĞLI DEĞİŞİMİ

Özet
Petrol asfaltenleri, ham petrolün en ağır, en aromatik ve en çok yönlü bileşenidir. Asfaltenler, alifatik zincirler, poliaromatik yoğunlaştırılmış halkalar, organometalik kompleksler ve nitrojen, oksijen ve sülfür hetero atomlarından oluşan kompleks molekül karışımlarıdır. Çözelti durumunda Overhauser dinamik nükleer polarizasyon (ODNP), radikallerin ESR geçişlerini doyuma götürerek artan bir nükleer polarizasyon oluşturmak için çekirdek ve çiftlenmemiş elektron spinleri arasındaki etkileşimi kullanır. Bu çalışmada, çekirdek spinleri, çözgen molekülündeki hidrojen atomunun çekirdeği olan, proton spinleridir. Elektron spinleri asfalten parçacıklarının yoğun aromatik yapısında bulunan, tamamlanmamış karbon bağlarında delokalize olan, çiftlenmemiş elektronlara aittir. Overhauser etki tipi dinamik nükleer polarizasyon deneyleri, oda sıcaklığında 1.53 mT'lik zayıf bir manyetik alanda MC-800 sıvı asfalttan elde edilen asfalten p-diflorobenzen çözgen ortamını incelemek için yapılmıştır. Örnekler vakumda üç farklı asfalten konsantrasyonunda hazırlanmıştır. Örnekler beş yıl bekletilmiş ve tekrar yapılan dinamik nükleer polarizasyon deneyleri ile büyüme faktörü ($A\infty$), en büyük büyüme faktörü ($U\infty$), çekirdek elektron çiftlenme parametresi (ρ), skaler çiftlenme parametresi (K), doyma faktörü (s) ve kaçak faktörü (f) gibi dinamik nükleer polarizasyon parametreleri belirlendi. Zayıf manyetik alanlarda, nükleer elektron çiftlenme parametresi ρ +0.5 (saf dipolar) ile -1.0 (saf skaler) arasında değişmektedir ve elde ettiğimiz yeni ρ değerleri bu limitler arasında bulunmuştur. Çalışmamızdaki ρ değerleri pozitiftir ve bu, moleküller arası spin-spin etkileşimlerinin dipolar olduğunu göstermektedir.Bu durum, bu süspansiyonların koloidal parçacıklarının beş yılın sonunda daha yavaş hareket ettiğini göstermiştir. Elde edilen dinamik nükleer polarizasyon parametreleri literatürdeki değerleri ile karşılaştırılmış ve parametrelerin zamanla bir miktar azaldığı görülmüştür.
Anahtar Kelimeler: DNP, Overhauser Etkisi, Asfalten, Örnek Yaşı

PLAGIONOTUS (ECHINOCERUS) FLORALIS (PALLAS, 1773) (COLEOPTERA: CERAMBYCIDAE, CERAMBYCINAE) TÜRÜNÜN ELITRAL DESEN VARYASYONLARI ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Burcu ŞABANOĞLU
Hacettepe Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji
burcusabanoglu82@gmail.com

Özet
Bu çalışmada, Türkiye'nin çeşitli bölgelerinden farklı yıllarda (2009-2019) çeşitli araştırmacılar tarafından toplanan Plagionotus (Echinocerus) floralis (Pallas, 1773) örneklerinin elitral desenlerinin varyasyonları ele alınmıştır. Cerambycidae familyasında elitra desenlerinin düzeni taksonomik olarak son derece önemlidir. Ayrıca renk ve desen polimorfizmleri özellikle son yıllarda genetik çeşitliliğin korunması ve türleşme çalışmalarında tekrardan ele alınan bir konu başlığı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu grupta türlerin çok çeşitli biçim, renk ve desene sahip olabildikleri görülmektedir. Pek çok tür, dişide ve erkekte ya da aynı eşey içerisinde elitra desenleri bakımından pek çok varyasyon gösterebilmektedir. Türkiye'nin farklı bölgelerinden toplanan *P. floralis* türüne ait örnekler incelendiğinde elitral desen varyasyonları bakımından coğrafi bölgeler arasında anlamlı bir fark olmadığı görülmektedir. Bu çalışma ile *P. floralis* türünün Türkiye'deki popülasyonlarında elitra bantlarında görülebilecek varyasyonlar ilk kez sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Biyoloji, Entomoloji, Cerambycidae, Elitra, *Plagionotus floralis*

A STUDY ON ELYTRAL PATTERN VARIATIONS OF PLAGIONOTUS (ECHINOCERUS) FLORALIS (PALLAS, 1773) (COLEOPTERA: CERAMBYCIDAE, CERAMBYCINAE)

Abstract
In this study, variations of the elytral pattern of *Plagionotus (Echinocerus) floralis* (Pallas, 1773) specimens collected from different regions of Turkey on different years by different researchers were examined. The pattern of the elytral stripes is systemically important in the family Cerambycidae. In addition, color and pattern polymorphisms have emerged as a topic that has been addressed again in studies of conservation of genetic diversity and speciation, especially in recent years. It is seen that the species in this group can have a wide variety of shapes, colors and patterns. Many species may vary in terms of elytral patterns in females and males or within the same sex. When the samples collected from different regions of Turkey were examined, it is observed that there is no significant difference between the geographic regions in terms of the elytral pattern variation. The elytral stripes variations could be seen on *P. floralis* populations in Turkey are presented for the first time with this study.

Keywords: Biology, Entomology, Cerambycidae, Elytra, *Plagionotus floralis*

DERİN ÖĞRENME MODELLERİNİ KULLANARAK X-RAY GÖRÜNTÜLERİNDEN COVID-19'LU HASTANIN AŞIRI ÖĞRENME MAKİNELERİ İLE TESPİTİ

İbrahim AYAZ
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapay Zeka ve Robotik Anabilim Dalı
ayazibrahim13@gmail.com

Fatih KUTLU
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Fakültesi, Matematik
fatihkutlu@yyu.edu.tr

Vedat TÜMEN
Bitlis Eren Üniversitesi, Mühendislik - Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği
vtumen@beu.edu.tr

Özet
İlk olarak Çin'in Wuhan eyaletinde Aralık 2019'da ortaya çıkan COVID-19 virüsü gerekli önlemler alınmadığı için kısa sürede bir salgına dönüşmüştür. Özellikle kronik hastalarda ciddi etkileri olan bu virüs küresel boyutlu sorunlara sebep olmaktadır. Tüm hastalıklarda olduğu gibi bu virüsünde erken teşhisi ve hastanın izole edilerek tedavi altına alınması ciddi öneme sahiptir. Tanı setlerinin yetersiz olması ve radyolojik görüntülere sık başvurulduğu için diğer tanı araçlarının geliştirilmesine ve kullanılmasına yol açmıştır. Sağlık çalışanlarının bu süreçte artan iş yükünden dolayı hastalığın erken teşhisi için radyolojik görüntüler üzerinde yapay zeka teknolojileri kullanımına başvurulmaktadır. Son zamanlarda COVID-19 virüsünün tespiti için akciğer radyolojik görüntüleri üzerinden yapay zeka teknolojileri kullanılmaktadır. Radyolojik görüntüler üzerinde Vgg16, InceptionV3, AlexNet, GoogLeNet, ResNet50, SqueezeNet derin öğrenme metotlarını kullanılarak virüs içeren akciğerlerin tespiti hızlı bir şekilde belirlenebilir. Bu çalışmada X-Ray göğüs görüntüleri kullanılarak COVID-19 virüsünün tespiti için uzman bir sistem önerilmiştir. Önerilen sistem derin öğrenme modelleri ile özellik çıkarımı yapılıp sınıflandırıcıya verilerek Covid-19 hastalarının X-Ray görüntüsündeki virüsün tespiti yapılmıştır. İlk aşamada X-Ray görüntülerine ön işleme teknikleri uygulanmıştır daha sonra en iyi sonuç veren derin öğrenme modeli ile 1000 adet özellik elde edilmiştir. Son olarak bu özellikler aşırı öğrenme makinesine verilerek COVID-19'lu hastanın tespiti yapılmıştır. Önerilen bu yöntem ile derin öğrenme modellerinin ve aşırı öğrenme makinesinin kullanılması başarıyı ciddi oranda artırdığı kanıtlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zeka, Derin Öğrenme, COVID-19

DETECTION OF A PATIENT WITH COVID-19 FROM X-RAY IMAGES BY USING DEEP LEARNING MODELS WITH EXTREME LEARNING MACHINES

Abstract
The COVID-19 virus, which first appeared in Wuhan province of China in December 2019, turned into an epidemic in a short time because the necessary measures were not taken. This virus, which has serious effects on chronic patients, causes global problems. As with all diseases, early diagnosis of this virus and isolation and treatment of the patient are of great importance. The inadequate diagnostic sets and the frequent use of radiological images have led to the development and use of other diagnostic tools. Due to the increased workload of healthcare professionals in this process, artificial intelligence technologies are used on radiological images for early diagnosis of the disease. Recently, artificial intelligence technologies have been used to detect the COVID-19 virus through lung radiological images. Detection of virus-containing lungs can be determined quickly using Vgg16, InceptionV3, AlexNet, GoogLeNet, ResNet50, SqueezeNet deep learning methods on radiological images. In this study, an expert system is proposed for the detection of COVID-19 virus using X-Ray chest images. The virus in the X-Ray image of Covid-19 patients was detected by extracting the features with the proposed system deep learning models and giving them to the classifier. In the first stage, pre-processing techniques were applied to the X-Ray images, then 1000 features were

obtained with the deep learning model that gave the best results. Finally, these features were given to the extreme learning machine and the patient with COVID-19 was detected. With this proposed method, it has been proven that the use of deep learning models and excessive learning machine significantly increases the success.

Keywords: Artificial Intelligence, Deep Learning, COVID-19

STREPTOZOTOSİN (STZ) İLE OLUŞTURULAN DİYABETİK SIÇAN MODELİNDE ATORVASTATİN VE CİNNAMOMUM SP TEDAVİLERİNİN KARACİĞER ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ: HİSTOLOJİK VE BİYOKİMYASAL ÇALIŞMA

Melda Yardımoğlu Yılmaz
Kocaeli Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Histoloji ve Embriyoloji
melda.yardimoglu@gmail.com

Selenay Hümeyra FURAT RENÇBER
Kocaeli Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Histoloji ve Embriyoloji
selenay.furat@hotmail.com

Sema KURNAZ ÖZBEK
Kocaeli Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Histoloji ve Embriyoloji
semakurnaz85@gmail.com

Sezgi Akbal
Kocaeli Bahçeşehir Koleji, Bahçeşehir Koleji, Fen
sezgiaa@gmail.com

Kübra KAVRAM SARIHAN
Kocaeli Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Histoloji ve Embriyoloji
kkavram.41@gmail.com

Esra ACAR
MsC, KOÜ, Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı,
istanbul.ensis@hotmail.com

Fatma Ceyla ERALDEMİR
Kocaeli Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Biyokimya
ceyeraldemir@yahoo.com.tr

Özet

Amaç: Amacımız, deneysel diyabet (DM) modelinde kolesterol düşürücü-Atorvastatin (Ato) ile Cinnamomum sp (Tarçın) kullanılmasının sıçan karaciğeri üzerindeki etkilerini biyokimyasal ve histolojik olarak araştırmaktı.

Materyal ve Metod: KOÜ Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu etik onayı alındıktan sonra 54 adet Wistar albino erişkin sıçanlar sekiz gruba ayrıldı: 1.Naive-kontrol, 2.Sitrat tampon-kontrol, 3.Tarçın-kontrol (Tar-K), 4. Ato-kontrol (Ato-K), 5. DM, 6. DM-Tarçın (DM-Tar), 7. DM-Ato (DM-Ato), 8. DM-Ato-Tar (DM-kombine tedavi). 5.-8.grupları diyabetik hale getirmek üzere tek doz Streptozotosin (STZ) enjekte edildi. Ato-K, DM-Ato, DM-kombine gruplara Atorvastatin ve Tar-K, DM-Tar, DM-kombine gruplarına ise tarçın özsuyu oral yoldan verildi. 10. haftanın sonunda biyokimyasal ve histolojik yöntemler uygulandı. H&E ve PAS boyama tekniği uygulanan karaciğer kesitleri ışık mikroskobunda incelendi.

Bulgular: Kontroller ile diğer gruplar arasında kan glukoz seviyeleri açısından anlamlı bir farklılık vardı ($p < 0.05$). En düşük kan glukoz düzeyi DM-Tar grubunda idi, ancak bu farklılık anlamlı değildi. En düşük vücut ağırlığı DM grubundaydı; en düşük total kolesterol seviyesi kontrol gruplarında idi. En yüksek serum MDA düzeyleri, Tar-K ve DM gruplarında idi. En düşük karaciğer doku MDA düzeyleri sırasıyla DM-Tar, Ato-K, DM, DM-Ato gruplarında gözlendi.

Sonuç: Tar-K ile diğer grupların karaciğer doku GSH düzeyleri arasında anlamlı bir farklılık vardı ($p<0.05$). Doku GSH düzeyleri en düşükten yükseğe doğru sırasıyla DM-Tar, DM, Ato-K gruplarında ve en yüksek doku GSH düzeyleri kontrollerde ve kombine grupta idi. Işık mikroskobik olarak, H&E ve PAS ile boyanmış karaciğer kesitlerinin incelenmesi sonucunda DM grubunda karaciğer hasarı gözlenirken tedavi gruplarında bu hasarın nisbeten azaldığı gözlendi.

Anahtar Kelimeler: Diabetes Mellitus, Tarçın, Atorvastatin, Karaciğer, Streptozotosin, Kolesterol

EFFECTS OF ATORVASTATIN AND CINNAMOMUM SP TREATMENTS ON LIVER OF STREPTOZOTOCIN (STZ)-INDUCED DIABETIC RAT MODEL: HISTOLOGICAL AND BIOCHEMICAL STUDY

Abstract
Aim of the study is to investigate the effects of cholesterol lowering agent-Atorvastatin (Ato) and cinnamon treatment on rat liver in experimental diabetes (DM) model via biochemical and histological aspects.
Material and Method: After the ethical approval, 54 Wistar albino adult rats were divided into eight groups: 1.Naive-control, 2. Citrate buffer-control, 3. Cinnamon-control (Cin-C), 4. Ato-control (Ato-C), 5. DM, 6. DM-Cinnamon (DM-Cin), 7. DM-Ato (DM-Ato), 8. DM-Ato-Cin (DM-combined therapy). 5.-8.groups were injected with a single dose of STZ to make diabetic. Ato were administered to the groups of 4th, 7th, 8th and cinnamon extract to the groups of 3rd, 6th, 8th. Biochemical and histological methods were applied at the end of the 10th week. The liver sections, in which H&E and PAS staining techniques were applied and examined under a light microscope.
Results: There was a significant difference in blood glucose levels between controls and other groups. The lowest blood glucose level was in the DM-Cin group. The lowest body weight was in the DM group. The lowest total cholesterol levels were in the control groups. The highest serum MDA levels were in the Cin-C and DM groups. The lowest liver tissue MDA levels were observed in DM-Cin, Ato-C, DM, respectively. Tissue GSH levels from lowest to highest were in DM-Cin, DM, Ato-C groups, and the highest tissue GSH levels were in the controls and the combined group, respectively. As a result of light microscopic examination of liver sections, liver damage was observed in the DM group, while it was observed that this damage decreased in the treatment groups.
Conclusion:In the Cin-C group, it was remarkable that there was an increase in both serum and liver tissue MDA. In the DM-Cin group, the decrease in both serum and liver tissue MDA can be said as a positive result of the use of cinnamon in diabetics compared to healthy controls. We conclude that liver tissue damage in diabetic rats can be reduced by combined therapy. In this context, we can say that further studies are needed regarding the dosage and content of cinnamon.

Keywords: Diabetes Mellitus, Cinnamon, Atorvastatin, Liver, Streptozotocin, Cholesterol

SOIL RESISTOME AND MICROBIAL DIVERSITY AS MAIN ASPECTS OF FOOD SECURITY

Lyudmyla Symochko
Uzhhord National University, Faculty of Biology, Biology
lyudmilassem@gmail.com

Özet
Agricultural intensification affects soil biodiversity and such changes may impact on current and future food security. The World Health Organization has identified antibiotic resistance as a serious threat to human health and biosecurity across the world. The soil microorganisms play an important role in the development and spread of antibiotic resistance in humans. The aim of this study was to determine soil microbial diversity and the antibiotic resistance of soil bacteria in different agroecosystems. 244 dominating bacteria were isolated, among them 53 antibiotic-resistant bacteria. All isolates were multi-drug resistant, of which greater than 62.3% were resistant to 9 antibiotics. A study of soil samples from agroecosystems of Capsicum annuum, Vitis vinifera, Rubus idaeus L., Petroselinum crispum showed that the microbial community characterized by a high content of antibiotic-resistant microorganisms. From the soil were isolated antibiotic resistant anaerobic and aerobic microorganisms: Clostridium perfringens, Clostridium oedematiens, Clostridium difficile, Enterobacter cloacae, Enterococcus faecalis, Hafnia alvei, Bacillus megaterium, Bacillus mycoides, and Pseudomonas aeruginosa. Modern agroecosystems are the source of spread of pathogenic and opportunistic microorganisms with multiple antibiotic resistances and endangering human health.

Anahtar Kelimeler: Agroecosystem, antibiotic resistance, biodiversity, food security, microorganisms, soil

ENVIRONMENTAL ANTIBIOTIC POLLUTION - IMPACT ON SOIL MICROBIOME

Lyudmyla Symochko
Uzhhord National University, Faculty of Biology, Faculty of Biology
lyudmilassem@gmail.com

Ruslan Mariychuk
University of Presov, Faculty of Humanities and Natural Sciences, Faculty of Humanities and Natural Sciences
lyudmilassem@gmail.com

Daniela Grulova
University of Presov, Faculty of Humanities and Natural Sciences, Faculty of Humanities and Natural Sciences
lyudmilassem@gmail.com

Jozef Fejer
University of Presov, Faculty of Humanities and Natural Sciences, Faculty of Humanities and Natural Sciences
lyudmilassem@gmail.com

Özet
Environmental antibiotic pollution is a problem that is expected to gain more attention in the near future since antibiotic consumption is still increasing around the world. The fluoroquinolones are one of the most used classes of antibiotics. Enrofloxacin belongs to the class of fluoroquinolone antibiotics that have been intensively used for the treatment of bacterial infections in veterinary medicine. In the environment, enrofloxacin can undergo degradations by different processes including photolysis, biodegradation and oxidation by mineral oxides but it is not sensitive to hydrolysis. Despite these degradation mechanisms, environmental half life time of enrofloxacin is very long. In this study, the effect of enrofloxacin on the function and structure of soil microbial communities was evaluated. Soil samples were spiked with enrofloxacin (10, 100, and 1000 mg·kg−1) and were incubated for 30, 60, 90 days. Untreated controls received only water. In pots with different concentrations of enrofloxacin were planted: Lactuca sativa var. crispa, Anethum graveolens, Thymus serpillum, Mentha piperita, Calendula officinalis. Soil respiratory responses were inhibited at the high enrofloxacin concentrations in the soils and were increased at the lowest concentration (10 mg·kg−1). The maximum level of soil toxicity was 67.21% at concentration of enrofloxacin 1000 mg·kg−1 , in the control this parameter was 8.56%. The soil with a high concentration of antibiotic was characterized by a low content of nitrogen-fixing microorganisms and a high number of oligotrophic and spore-forming microbiota. Thirty seven antibiotic resistant bacterial isolates were cultured from soil. All isolates were multi-drug resistant, of which greater than 64% were resistant to 9–12 antibiotics, comprising almost all classes of antibiotic. In Vitro experiment were isolated 5 bacteria absolutely resistant to all tested antibiotics: anaerobic bacteria: Clostridium difficile, Clostridium perfringens and aerobic bacteria: Enterococcus faecalis, Yersinia enterocolitica, Enterobacter cloacae. In natural conditions, from the soil of model ecosystems were isolated mostly bacteria of the genus Bacillus. The antibiotic contamination of the soil, cause negative changes in microbial community, reduces the respiratory activity of the soil and is one of important factors in the formation of soil resistome. This project was supported by the Slovak Academic Information Agency (SAIA), number 18032.

Anahtar Kelimeler: Antibiotic, soil, microbiome, antibiotic resistance, diversity

ELECTROCHEMICAL ENZYMATIC BIOSENSOR DEVELOPMENT BY USING DIFFERENT ELECTROPOLYMERIZATION CONDITIONS OF POLYANILINE

Zeycan KALKAN
Ankara Yıldırım Beyazıt University / Ankara Yıldırım Beyazıt University, Graduate School of Natural Sciences, Materials Engineering
zeycankalkan6@gmail.com

Soner ÖZTÜRK
TENMAK - National Boron Research Institute
sonerozturk@boren.gov.tr

Sedat SÜRDEM
TENMAK - National Boron Research Institute
sedat@boren.gov.tr

Mehmet Fatih ÖKTEM
Ankara Yıldırım Beyazıt University / Ankara Yıldırım Beyazıt University,Faculty of Engineering and Natural Sciences, Materials Engineering
mfoktem@ybu.edu.tr

Nimet YILDIRIM TİRGİL
Ankara Yıldırım Beyazıt University / Ankara Yıldırım Beyazıt University,Faculty of Engineering and Natural Sciences, Materials Engineering, Biomedical Engineering
nyildirimtirgil@ybu.edu.tr

Abstract
Polyaniline (PANI) is one of the most preferred and known conductive polymers for biosensor design in view of its excellent electrochemical properties. PANI is an efficient conducting platform for biosensor design because of its excessive redox behavior and its ability to mediate the electron transfer between the reaction site and the electrode surface. In this research, an electrochemical enzymatic biosensor system was developed with PANI film coated screen printed electrodes (SPE) using the direct electropolymerization (one-step) process. PANI electropolymerization was performed in different acidic solutions, and the effects on the electrodeposition of the potential range, potential scan rate, and cycle number are discussed. The surface morphologies of films prepared with different processes were characterized by the scanning electron microscopy (SEM) technique. A highly stable and effective catechol biosensor was prepared by immobilizing tyrosinase (Tyr) enzyme into PANI film in conjunction with cross-linking with glutaraldehyde. After optimizing the biosensor performance conditions, the developed biosensor was used to quantify catechol in green tea samples.

Keywords: conducting polymers, polyaniline, enzymatic biosensors, catechol analysis

PERVAPORASYON DESTEKLİ GLİSEROL KARBONAT SENTEZİ

Güler HASIRCI
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakütesi / Kimya Mühendisliği
hasirciguler@gmail.com Orcid ID: 0000-0001-7435-8118

Nazlı YENİHAN YÜZER
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakütesi / Kimya Mühendisliği
nazliyenihan@gmail.com Orcid ID: 0000-0001-5112-5450

Nilüfer HİLMİOĞLU
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakütesi / Kimya Mühendisliği
niluferh@kocaeli.edu.tr Orcid ID: 0000-0002-2627-8890

Özet

Son yıllarda dünyada artan biyodizel üretimine bağlı olarak yan ürün olan atık gliserolün üretimi de artmıştır. Bu gliserolün başka önemli kimyasallara dönüştürülüp değerlendirilmesi sürdürülebilir ve çevreci bir ekonomiye katkı sağlaması açısından önemlidir. Gliserol karbonat (GC) (4-hidroksimetil-1,3-dioksolan-2-on) gliserolden sentezlenen 5 üyeli bir siklik karbonattır. Özellikle dimetil karbonat (DMC) ve dietil karbonat (DEC) gibi dialkil karbonatların gliserol ile bazik katalizör varlığında transesterifikasyonundan sentezlenebilir. Gliserolün dialkil karbonat ile transesterifikasyonu, ılımlı çalışma koşulları altında toksik olmayan malzemelerle başladığından ve iyi bir GC verimi elde ettiğinden, GC sentezi için en uygun sentezleme yöntemidir. Gliserol karbonat kimya, ilaç, kozmetik, polimer, tarım endüstrilerinde, sürfaktan, solvent ve plastikleştirici olarak ve li-ion pillerdeki elektrolitlerde kullanılır. Bunlara ek olarak yüksek oksijen içeriğinden dolayı yakıt katkısı olarak kullanılabilme potansiyeline sahiptir. Pervaporasyon sıvı-sıvı karışımların vakum altında yüksek bir seçicilikle ayrılabildiği bir membran prosesidir. Düşük sıcaklıklar ve basınçlar nedeniyle, geleneksel ayırma işlemlerinin yerini alabilecek daha verimli ve daha temiz teknolojilerden biridir. Membranlar seçici ayırma ve taşınma işleminin gerçekleştirildiği yarı geçirgen bir bariyerdir. Membranlar pervaporasyon destekli membran reaktörlerde ürünleri reaktiflerden ayırmak için kullanılır. Aynı zamanda reaktörlerde reaksiyon sonucu yan ürünleri reaksiyon ortamından uzaklaştırarak reaksiyon dengesinin ürünler tarafına kaymasını sağlayıp reaksiyon verimini arttırabilirler. Bu çalışmada GC sentezleme teknikleri, transesterleşme proses şartları, kullanılan katalizörler, kullanılan hidrofilik membran çeşitleri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gliserol karbonat, Pervaporasyon, Transesterleşme

PERVAPORATION-ASSISTED GLYCEROL CARBONATE SYNTHESIS

Abstract

Recently, crude glycerol production in biodiesel industry has increased due to increasing biodiesel production and consumption. The conversion of this glycerol into other important chemicals and its utilization is important in terms of contributing to a sustainable and environmental economy. Glycerol carbonate (GC) (4-hidroksimetil-1,3-dioksolan-2-on) is a five membered cyclic carbonate that systhesized from glycerol. In particular, it can be synthesized from the transesterification of dialkyl carbonates such as dimethyl carbonate (DMC) and diethyl carbonate (DEC) with glycerol in the presence of basic catalysts. Transesterification of glycerol with dialkyl carbonate is a simple and feasible method for GC synthesis since the process starts with non-toxic materials under mild operation conditions and obtains a good GC yield. Glycerol carbonate is used in chemical, pharmaceutical, cosmetic, polymer, agricultural industries, as surfactant, solvent and plasticizer, and in electrolytes in li-ion batteries. In addition , it has the potential to be used as a fuel additive due to its high oxygen content. Pervaporation is a membrane process in which liquid-liquid mixtures can be separated under vacuum with high selectivity. It is considered one of the efficient and clean technologies that can replace traditional separation processes. Membranes are materials that act as a semi-permeable barrier where

selective separation and transport takes place. They are used to separate products from reactants in pervaporation-assisted membrane reactors . At the same time, they can remove the by-products from the reaction medium as a result of the reaction and increase the reaction yield by shifting the reaction equilibrium to the products side. In this study, GC synthesis techniques, transesterification process conditions, catalysts used, types of hydrophilic membranes used were investigated.

Keywords: Glycerol carbonate, Pervaporation, Transesterification

YAKIT KATKI MADDELERİ SOLKETAL VE SOLKETAL TERSİYER BUTİL ETER ÜRETİMİNİN İNCELENMESİ

Nilüfer Hilmioğlu
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Kimya Mühendisliği Bölümü
niluferh@kocaeli.edu.tr Orcid ID: 0000-0002-2627-8890

Nazlı Yenihan Yüzer
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Kimya Mühendisliği Bölümü
nazliyenihan@gmail.com Orcid ID:0000-0001-5112-5450

Güler Hasırcı
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Kimya Mühendisliği Bölümü
hasirciguler@gmail.com Orcid ID : 0000-0001-7435-8118

Özet

Gelişen teknoloji ile birlikte mevcut enerji kaynaklarının yetersiz kalması ve azalması yeni arayışları beraberinde getirmiştir. Dünya üzerindeki fosil yakıt rezervlerinin azalması ve aynı zamanda bu yakıtların sera gazı etkisiyle çevresel sorunlara yol açması sorunu; daha çevreci bir yakıt olan biyodizel üretiminin artmasına sebep olmuştur. Biyodizel üretimi esnasında fazlaca yan ürün gliserol oluşumu da gerçekleşmektedir. Yan ürün gliserolü kıymetli ürünlere dönüştürmek, çevreye duyarlılık ve çevresel sürdürülebilirlik açısından oldukça önemlidir. Gliserol ile farklı kimyasal yöntemler kullanılarak gliserin eter, karbonatlar, ketal ve solketaller üretilebilmektedir. Bu ürünlerin birçok farklı kullanım alanlarının olmasının yanı sıra (kimya, ilaç, deterjan, vb.) yakıt katkısı olarak kullanılmaları da oldukça popülerdir. Yakıt katkısı olarak solketal ve solketal tersiyer bütil eterin de biyo yakıtlarda ve benzin, dizel gibi fosil yakıtlarda kullanılarak ilgili yakıtın özelliklerini iyileştiren çevreci bir yakıt katkısı olabileceğine ilişkin yeni çalışmalar vardır. Solketal ve solketal tersiyer bütil eter sentezi oldukça yeni bir konudur solketal tek basamakta gliserol ile ketonların asidik bir katalizör varlığında gerçekleştirilen reaksiyonu ile elde edilirken; solketal tersiyer bütil eter iki basamakta ilk olarak gliserol ile asetonun ketalizasyonu ve ikinci basamakta ise alkilasyon reaksiyonu ile elde edilir. Ketalizasyon için aseton, alkilasyon için izobutilen veya tersiyer butil alkol kullanılmaktadır.

Bu çalışmada gliserinden üretilen yakıt katkıları solketal ve solketal tersiyer butil eterin literatürdeki sentez yöntemleri incelenmiştir. Üretimde anahtar rol alan katalizörler araştırılmıştır. Yapılacak deneysel çalışmalar için katalizör seçiminde önemli olan faktörler belirlenmiştir. En iyi dönüşüm eldesi için gerekli parametreler araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yakıt Katkısı, Gliserin, Solketal.

INVESTIGATION OF FUEL ADDITIVES SOLKETAL AND SOLKETAL TERTIARY BUTYL ETHER PRODUCTION

Abstract

Developing technology, the insufficiency and decrease of the existing energy resources brought about new searches. The problem of decreasing fossil fuel reserves in the world and also causing environmental problems due to greenhouse gas effect of these fuels; has led to an increase in biodiesel production, which is a more environmentally friendly fuel. During the production of biodiesel, a lot of glycerol formation also occurs as a by-product. Converting the by-product glycerol into precious products is very important in terms of environmental awareness and environmental sustainability. Glycerin ether, carbonates, ketals and solketals can be produced by using different chemical methods with glycerol. In addition to having many different uses (chemical, medicine, detergent, etc.), these products are also very popular as fuel additives. There are new studies showing that solketal and solketal tert butyl ether as fuel additive can be used in bio fuels and fossil fuels such as gasoline and diesel can be an environmentally friendly fuel additive that improves. Solketal and solketal tert butyl ether synthesis is a new issue and while solketal is obtained in one step by the conversion of ketones to an

acidic catalyst with glycerol; Solketal tert butyl ether is obtained by ketalization of glycerol and acetone in two steps first and alkylation reaction in the second step. Acetone is used for ketalization, isobutylene or tert alcohol is used for alkylation.

In this study, the synthesis methods of fuel additives, solketal and solketal tertiary butyl ether produced from glycerin in the literature are examined. The catalysts that play a key role in production were investigated. Factors important in the selection of catalysts for experimental studies were determined. The necessary parameters for the best conversion have been investigated.

Key words: Fuel Additive, Glycerin, Solketal.

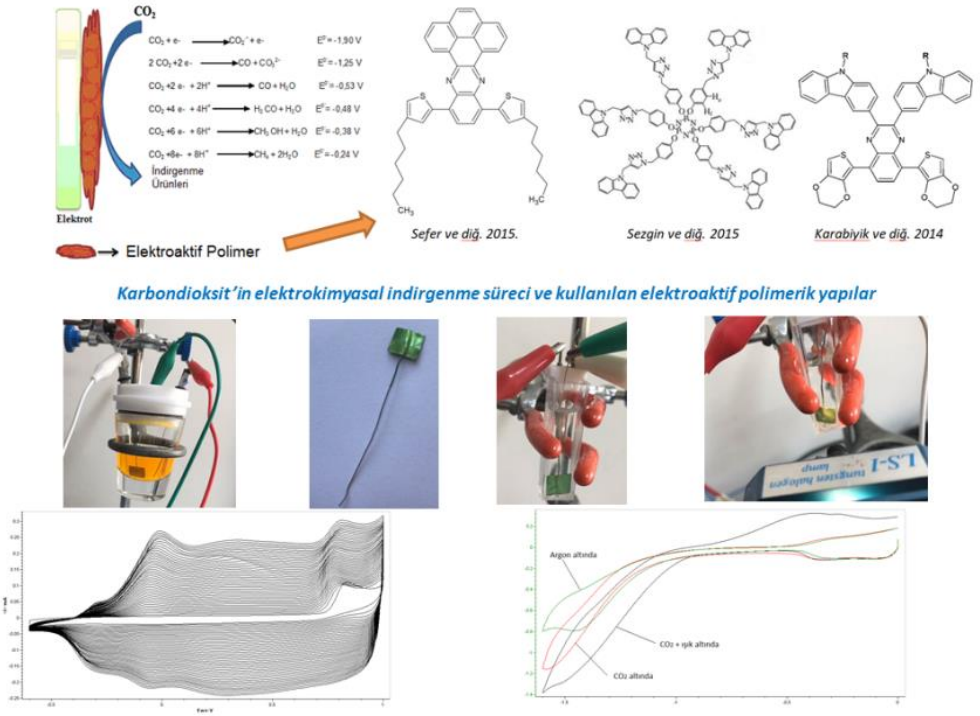
KARBONDİOKSİT GAZININ FOTO/ELEKTROKİMYASAL İNDİRGENME SÜRECİNDE YENİ TÜR ELEKTROAKTİF POLİMER FİLMLERİN KULLANILMASI

Efsun Keskiner
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Enerji Yönetimi
efsunkeskiner@gmail.com

Sermet Koyuncu
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği
skoyuncu@comu.edu.tr

Özet
Enerji ve çevre kirliliği ilişkisi endüstriyel faaliyetlerin başlamasından bu yana giderek artan bir küreselleşme sorunu haline dönüşmüştür [1]. Çevreye duyarlı, metal içermeyen, karbondioksitin sera gazı etkisini azaltan, teknolojiye uygun, ekosisteme duyarlılığı yüksek yeni enerji kaynakları arayışları hızlı bir şekilde devam etmektedir [2]. Bu bağlamda çalışmada, CO2 indirgeyerek yeni bir enerji kaynağı ortaya çıkmasını sağlamak için ilk olarak elektrokimyasal olarak HCQE, HP102 ve PE4 elektroaktif monomerlere ait çalışma şartları belirlenmiştir. Sonrasında, çalışma elektrotu olarak kullanılan platin levha üzerine monomerin elektrokimyasal polimerizasyonu gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: CO2, elektrokimyasal, indirgenme



Elektrokimyasal polimerizasyonlar sonucunda HCQE için 0-1 V ve 40 tarama, HP102 ve PE4 polimer filmleri için ise 0-1.2 V ve 30 tarama yapılması sonucunda daha düşük potansiyellerde yeni piklerin oluştuğu ve film yüzeyinde biriken polimer miktarının artmasına bağlı olarak piklerin şiddetinin de arttığı tespit edilmiştir. CV ölçümleri sonucunda PE-4, HP102 ve HCQE polimer filmin ışık altında ki CO_2 indirgenmesi sırasıyla -1.1 V, -0.9 V ve -1.5 V'da şiddetli olarak gözlenmiştir. Atomik kuvvet mikroskobu (AFM) analizine göre, CO_2 indirgenme işlemi uygulanmadan önce HCQE, PE4, HP102 polimer filmlerin yüzey pürüzlülük (RMS) değerleri sırasıyla 4.38, 9.70, 4.38 nm iken CO_2 indirgenmesinden sonra ise 8.37, 10.68, 6.31 nm olarak bulunmuştur. Ultraviyole ve görünür ışık (UV-Vis) absorpsiyon spektroskopi analizi sonucunda HCQE, HP102 ve PE4 polimer filmlerinde CO_2 indirgenmesine bağlı olarak, bu indirgenmiş ürünlerin polimeri kısmen yükseltgeyerek absorbsiyonu kırmızıya kaydırdığı gözlenmiştir. İlgili çalışmanın

sonuçları özellikle enerji üretiminde yanma reaksiyonları sonucu atık olarak meydana gelen çevresel sorunların çözümüne gelecekte bir alternatif olabileceğini göstermiştir.

Teşekkür
Bu çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince Desteklenmiştir. Proje Numarası: FYL-2017-1323.

Kaynaklar

1. Grace A., ve ark., 2014, " Electrochemical Reduction Of Carbon Dioxide At Low Overpotential On A Polyaniline/Cu2O Nanocomposite Based Electrode", Applied Energy, 120: 85-94
2. Kong Q., ve ark., 2016, “Directed Assembly Of Nanoparticle Catalysts On Nanowire Photoelectrodes For Photoelectrochemical CO2 Reduction”, Nano Letters, 16 (9): 5675-5680

USING NEW TYPES OF ELECTROACTIVE POLYMER FILMS IN THE PHOTO / ELECTROCHEMICAL REDUCTION PROCESS OF CARBON DIOXIDE GAS

Abstract
The relationship between energy and environmental pollution has become an increasing globalization problem since the start of industrial activities [1]. The search for new energy resources that are environmentally friendly, do not contain metal, reduce the greenhouse gas effect of carbon dioxide, are suitable for technology and are highly sensitive to the ecosystem continue rapidly [2]. In this context, the working conditions of HCQE, HP102 and PE4 electroactive monomers were first determined electrochemically in order to create a new energy source by reducing CO2. Afterwards, electrochemical polymerization of the monomer was carried out on the platinum plate, which was used as the study electrode. The results of the related study showed that it could be an alternative in the future to solve environmental problems caused as waste as a result of combustion reactions in energy production.

Keywords: CO2, electrochemical, reduction

BİNALARIN 3 BOYUTLU MODELLERİNİN ÜRETİLMESİNDE VİDEO VE SAYISAL GÖRÜNTÜLERE DAYALI BİR YÖNTEM

Yousef HAJ HAMOUD
Erciyes Üniversitesi, FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ, HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
yousef.haj.hamoud.93@gmail.com

Özet
Fotogrametri, görüntü tabanlı modelleme yöntemlerine uyarlanabilen ve belirli bir fotoğraf seti için standart ve gerçek ölçüm verilerini elde etmek için kullanılan çeşitli ölçekler için uygun olan son derece doğru ve esnek bir yöntemdir.Otomatik bilgi oluşturma metodolojileri ve entegre dijital ürünlerin üretimine uygun olarak, çok sayıda yazılımla birlikte kullanımı daha kolay ve daha ucuz hale gelmiştir. Hareketten Yapı (SFM) ve Görüntü Tabanlı Modelleme'nin (IBM) modern teknikleri, arkeolojik dokümantasyon alanında yeni perspektifler açarak üç boyutlu verileri kaydetmek için basit ve doğru bir yol sağlar. Bu çalışmada, video ve görüntüyü kullanarak binaların ve mühendislik tesislerinin 3B modellerini çizmemize yardımcı olacak bir metodoloji geliştireceğiz. Farklı geometrik konumlara sahip fotoğraf ve videolar çekeceğiz . Daha iyi sonuçlar elde edebilmek amacıyla, bu yöntemin 3 boyutlu modelleride ne kadar etkili olduğunu görmek için MATLAB programında bir kod kullanarak fotoğraflardeki Lens deformasyonunu düzeltilecektir. Python komut dosyalarını kullanarak iş akışının farklı adımlarını otomatik hale getirmek olası bir çözümdür. Tüm işlem iki komutta azaltılır: kalibrasyon ve nokta bulutu oluşturma . Bunla birlikte , 3B modelleme sürecinde kullanılan parametreler üzerinde kontrol sahibi olmamızı sağlayan bir Python kodu kullanacağız. Aynı zamanda, Python programlama dilini kullanmak, geleneksel yöntemi kullanarak erişemediğimiz veya kontrol edemediğimiz parametreleri kontrol etmemizi sağlamaktadır. Bu Python kodunu kullanmanın temel amacı, çok sayıda görüntüyü içeren büyük bir projeyi daha küçük projelere ayırmanın ve her birini ayrı ayrı işlemenin verimliliğini test etmek, kullanılan rastgele bellek miktarını (RAM) azaltmak ve bilgisayar işlemcisinin (CPU) kameraları daha verimli bir şekilde bağlama ve kalibre etme yeteneğini arttırmaktadır. pythonu kullanarak, maksimum komşu sayısını azaltarak nokta bulutu oluşturan sürecini hızlandıracak hileler kullanabiliriz, çünkü aşırı çakışma fotoğraflar PhotoScan'ın durgunlaşmasına neden olur.Yanı sıra , Reprojeksiyon hatasının değeri, bağlantı noktası eşleşmesinin düşük doğruluğunun kanıtıdır. Kademeli seçim yöntemi Reprojeksiyon hatası azaltmak ve kamera optimizasyon etmek için kullanılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Fotogrametri , Python , Lens Distorsiyon, Matlab, SFM.

A METHOD BASED ON VIDEO AND DIGITAL IMAGES IN THE PRODUCTION OF 3D MODELS OF BUILDINGS

Abstract
Photogrammetry is a highly accurate and flexible method that can be adapted to image-based modeling methods and is suitable for various scales used to obtain standard and real measurement data for a particular set of photos. In accordance with the automated information generation methodologies and the production of integrated digital products, with a lot of software it has become easier and cheaper to use together. Modern techniques of Structure-From-Motion (SfM) and Image-Based Modeling (IBM) provide a simple and accurate way to save three-dimensional data by opening new perspectives in the field of archaeological documentation. In this work, we will develop a methodology that will help us to reconstruct 3D models of buildings and engineering facilities using video and image. We will take photos and videos with different geometric positions. In order to get better results, Lens deformation in the photographs will be corrected by using a code in the MATLAB program to see how effective this method is in the 3D model. It is a possible solution to automate different steps of the workflow using Python scripts. The entire process is reduced in two commands: calibration and point cloud generation. However, we will use a Python code that allows us to have control over the parameters used in the 3D modeling process. Also, using the Python programming language allows us to control parameters that we cannot access or control using the traditional method. The main purpose of using this Python code is to test the efficiency of splitting a large project containing a large number of images into smaller projects and processing each one separately, reducing the amount of random memory (RAM) used and increase the ability of the computer processor (CPU) to align and calibrate cameras more efficiently. By using python, we can use tricks to speed up the process of generating point cloud by

reducing the maximum number of neighbors, because excessive overlap will cause PhotoScan to stagnate. Gradual selection method will be used to reduce reprojection error and to optimize the camera positions.

Keywords: Photogrammetry, Python, Lens Distortion, Matlab, SFM

BAZI FENOLİK BENZOİK ASİT İÇEREN DİSAZO BOYARMADDELERİN SENTEZİ, KARAKTERİZASYONU VE ABSORPSİYON ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Şeyda YALÇIN
Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya
seyda-yalcin@hotmail.com

Tahir TİLKİ
Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya
tahirtilki@sdu.edu.tr

Özet
Boyarmadde grupları arasında azo boyarmaddelerin yeri oldukça önemlidir. Azo boyarmaddeler, boyama güçleri, ucuz başlangış maddeleri ile kolay üretimi, geniş renk aralığı ve iyi haslık özellikleri nedeniyle kimyasal bileşik sınıflandırmasına göre en çok tercih edilen ve kullanılan boya grubudur[1],[2],[3]. Boyarmaddelerin en geniş grubu olan azo boyarmaddeler, gelişen ve sürekli değişen teknolojide yerini her geçen gün yeni sentezlerle doldurmaktadır. Azo benzen türevi boyarmaddeler endüstride birçok alanda sıkça kullanılmaktadır. Bu çalışmada benzoik asit türevi bileşiklerin mono azo yapılara kenetlenmesiyle yeni disazo boyarmaddeler elde edilmiş ve kullanım avantajları belirlenerek literatüre katkı sağlanmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında bazı aromatik amin gruplarının diazonyum tuzları elde edilmiş ve 3-aminokrotononitril ile kenetlenme reaksiyonu yapılmıştır. Elde edilen 2-arilhidrazon-3-ketiminokrotononitril bileşikleri hidrazin monohidrat ile reaksiyona sokularak 5-amino-4-arilazo-3-metil-1-fenil-pirazol türevi mono azo boyarmaddeler sentezlenmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında ise sentezlenen bileşiklerin diazonyum tuzları elde edilmiş ve kenetlenme bileşiği 2,4-dihidroksi benzoik asit olarak kullanılmıştır. Reaksiyon sonucu yeni disazo boyarmaddeler sentezlenmiştir.Elde edilen disazo boyarmaddelerin yapısal özellikleri, FT-IR ve 1H-NMR gibi spektroskopik analiz yöntemleri ile karakterize edilmiştir.Sentezlenen bileşiklerin absorpsiyon spektrumları üzerindeki solvent etkisini araştırmak için asetik asit, DMF, DMSO, kloforom ve metanolde görünür bölge absorpsiyon spektrumları ve bu solventlerdeki maksimum absorpsiyon dalga boylarının değişimi araştırıldı.

Referanslar
[1] Demirçalı,A. vd., 2018. The synthesis, characterization and investigation of absorptionproperties of disperse disazo dyes containing pyrazole and isoxazole, . Journalof Molecular Structure, 8-13
[2] Gordon, P. F., Gregory, P., 1987. Organic Chemistry in Colour. Münih: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 95.
[3] Başer, İ., İnanıcı, Y., 1990. Boyarmadde Kimyası, Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi 482-2, İstanbul.

Anahtar Kelimeler: Disazo boya, 3-aminokrotononitril, kenetlenme reaksiyonu, dihidroksi benzoik asit.

SYNTHESIS, CHARACTERIZATION AND ABSORPTION PROPERTIES OF DISAZO DYES CONTAINING SOME PHENOLIC BENZOIC ACID

Abstract
Among the dyestuff groups, the place of azo dyes is very important. Azo dyes are the most preferred and used dye group according to chemical compound classification due to their dyeing power, easy production with cheap starting materials, wide color range and good fastness properties [1],[2],[3]. Azo dyes, which are the largest group of dyes, fill their place with new syntheses in the developing and constantly changing technology. Azo benzene derivative dyes are widely used in many areas in the industry. In this study, new disazo dyes were obtained by coupling benzoic acid derivative compounds to mono azo structures and contribution to the literature was provided by determining their usage advantages. In the first stage of the study, diazonium salts of some aromatic amine groups were obtained and coupling reaction was performed with 3-aminocrotononitrile. 5-amino-4-arylazo-3-methyl-1-phenyl-pyrazole derivative mono azo dyes were

synthesized by reacting the obtained 2-aryl hydrazine-3-ketiminochroto-nitrile compounds with hydrazine monohydrate.In the second stage of the study, diazonium salts of the synthesized compounds were obtained and the coupling component was used as 2,4-dihydroxy benzoic acid. New disazo dyes were synthesized as a result of the reaction. The structural properties of the synthesized disazo dyes were characterized by spectroscopic analysis methods such as FT-IR and 1H-NMR.In order to investigate the solvent effect on the absorption spectra of the synthesized compounds, the visible region absorption spectra in acetic acid, DMF, DMSO, chloroform and methanol and the variation of the maximum absorption wavelengths in these solvents were investigated.

References

[1] Demirçalı,A. vd., 2018. The synthesis, characterization and investigation of absorptionproperties of disperse disazo dyes containing pyrazole and isoxazole, . Journalof Molecular Structure, 8-13
[2] Gordon, P. F., Gregory, P., 1987. Organic Chemistry in Colour. Münih: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 95.
[3] Başer, İ., İnanıcı, Y., 1990. Boyarmadde Kimyası, Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi 482-2, İstanbul.

Keywords: Disazodyes, 3-aminocrotononitrile, coupling reaction, dihydroxybenzoicacid.

BAKTERİLERİN İLAÇ OLARAK VE İLAÇ DAĞITIMINDA KULLANILMASI

Sara Rouhandeh
Kocaeli Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik
rouhandehsarah@gmail.com

Azat Bakır
Kocaeli Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik
ztbakir@gmail.com

Necibe Eren
Kocaeli Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik
erennecibe52@gmail.com

Özet
Tıp Bilimi ve tedavi yöntemleri, teknolojinin ilerlemesiyle,büyük değişikliklere sahne oldu. Güçlü bir genetik mühendisliğin dayanan yapay hücrelerin kullanıldığı spesifik tedaviler, modern yöntemler olarak, kimiyasal ilaçların kullanıldığı spesifik olmayan tedaviler yerine tercih ediliyor. Bakterilerin ilaç veya ilaç verme sistemleri olarak kullanımı genişlemektedir; bu, genetik manipülasyon yoluyla ilaçların spesifik transferinin yanı sıra, karmaşık ilaç platformlarının yetenek ve tasarımını sağlayan mekansal ve zamansal kontrolleri nedeniyle artmaktadır. Tabii ki, bu yaklaşım özel sağlık kontrolleri gerektiriyor, ancak bu yaklaşımda insan vücudunun ekolojik nişinde kullanılabilir bakterilerin varlığı avantaj olarak görünüyor. Bu makale de bakterilerin tedavi edici özelliklerini ve bu yöntemin kanser tedavisinde spesifik uygulamasını ve avantajlarını inceleyeceğiz.

Anahtar Kelimeler: İlaç Transferi,Kemotaksi,Biohibrit Sistemi,Quorum Algılama mekanizması, Bakteriyel Dış Zar Vezikülleri

USE OF BACTERIA AS MEDICINE AND DRUG TRANSMISSION

Abstract
When technology advanced dramatically, Medical science and treatment also became the scene of great changes.Modern therapies with a strong presence of genetic engineering which is based on specific therapies using artificial cells, is being replaced with on-specific treatments using chemical drugs.The use of bacteria as drugs or drug delivery systems is expanding and that's because of its ability in transferring drugs by genetic manipulation also Spatial and temporal control that provides the ability to design complex drug platforms . Actually , this approach requires special health control, But the advantage is the presence of usable bacteria in the ecological niche of the human body in this approach. In this article, we will examine the therapeutic properties of bacteria and the specific application of this method in the treatment of cancer.

Keywords: Drug Delivery,Chemotaxi, Biohybrid System,Quorum Sensing , Outer Memberan Vesicles

THE AN OVERVIEW OF PRESENT GLOBAL PANDEMIA: COVID-19

Seda Beyaz[1*]
[1*]Firat University, Faculty of Science, Department of Biology
beyazseda23@gmail.com

Ozlem Gok[2]
[2]Firat University, Faculty of Science, Department of Biology
ozlemgok938@gmail.com

Abdullah Aslan[3]
[3]Firat University, Faculty of Science, Department of Biology-Molecular Biology and Genetics Program
aaslan@firat.edu.tr

Abstract
The global coronavirus disease outbreak poses a major threat to public health worldwide. In December 2019, a new coronavirus named Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) or (2019-nCoV) was detected in Wuhan, China, and started to spread rapidly to many countries. Direct contact with wild animal hosts and respiratory droplets of infected patients are the main sources of transmission of the disease. Coronaviruses from the family of Coronaviridae are viruses with the largest genome known as an RNA virus. They are single-stranded, enveloped viruses with positive-sense RNA genome approximately 26-32 kilobase in size. The term 'coronavirus', when observed under the electron microscope, has been given the name "corona", which means crown in Latin, because the pointed protrusions formed from the virus membrane resemble a crown. The SARS-CoV-2 infection outbreak has been named Coronavirus Disease 2019 (Covid-19) by the World Health Organization (WHO). Covid-19, which is a highly contagious disease, is a mild to moderate respiratory tract infection, causing severe illness and respiratory failure. Its main symptoms are known to be dry cough, fever, fatigue, shortness of breath and muscle pain. According to the latest data of the World Health Organization (WHO), it is known that there are 38.701.030 confirmed cases of Covid-19, including 1.094.591 deaths worldwide. According to the Republic of Turkey Ministry of Health data, this ratio in our country is known to be the Covid-19 342.143 cases including 9080 deaths. When considering the high mortality rate and the economic damage to various communities to date, great efforts are being made both worldwide and in our country to produce successful drugs and vaccines against Covid-19 infection. Especially, vaccine development studies are a key strategy to prevent widespread viral infection and reduce morbidity and mortality. The main purpose of this review is to provide an overview of this epidemic, based on the available evidence.

Keywords: Covid-19, Coronavirus, Drug, Mortality, Pandemic, Vaccine

MEVCUT KÜRESEL PANDEMİYE GENEL BİR BAKIŞ: COVID-19

Özet
Küresel koronavirüs hastalığı salgını dünya çapında halk sağlığı için büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Aralık 2019'da Çin'in Wuhan şehrinde Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) veya (2019-nCoV) adlı yeni bir koronavirüs tespit edilmiş ve hızla birçok ülkeye yayılmaya başlamıştır. Vahşi hayvan konukçuları ve enfekte hastaların solunum damlacıkları ile doğrudan temas hastalığın başlıca bulaşma kaynaklarıdır. Coronaviridae ailesinden Coronavirüsler, bir RNA virüsü olarak bilinen en büyük genoma sahip olan virüslerdir. Yaklaşık olarak 26-32 kilobaz boyutunda tek sarmallı, pozitif duyarlı RNA genomuna sahip zarflı virüslerdir. 'Koronavirüs' terimi, elektron mikroskobu altında gözlemlendiğinde, virüs zarından meydana gelen sivri çıkıntıların bir tacı andırmasından dolayı Latince'de taç anlamına gelen *'korona'* ismi verilmiştir. SARS-CoV-2 enfeksiyonu salgını, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından Coronavirus Hastalığı 2019 (Covid-19) olarak adlandırılmıştır. Oldukça bulaşıcı bir hastalık olan Covid-19, hafif ve orta derecede solunum yolu enfeksiyonu olup şiddetli hastalığa ve solunum yetmezliğine yol açmaktadır. Temel semptomları kuru öksürük, ateş, yorgunluk, nefes darlığı ve kas ağrısı olduğu bilinmektedir. Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) son verilerine göre, dünya çapında

1.094.591 ölüm dâhil olmak üzere 38.701.030 doğrulanmış Covid-19 vakası olduğu bilinmektedir. Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı'nın verilerine göre bu oran ülkemizde 9080 ölüm dâhil olmak üzere 342.143 Covid-19 vakası olduğu bilinmektedir. Bugüne kadar yüksek ölüm oranı ve çeşitli topluluklara verilen ekonomik zarar göz önüne alındığında, Covid-19 enfeksiyonuna karşı başarılı ilaçlar ve aşılar üretmek için hem dünya çapında hem de ülkemizde büyük çabalar sarf edilmektedir. Özellikle aşı geliştirme çalışmaları yaygın viral enfeksiyonunu önlemek, morbidite ve mortaliteyi azaltmak için anahtar bir strateji konumundadır. Bu incelemenin temel amacı, mevcut kanıtlara dayanarak bu salgın hastalığa genel bir bakış açısı sağlamaktır.

Anahtar Kelimeler: Aşı, Covid-19, İlaç, Koronavirüs, Ölüm, Pandemi

GYPSUM HABITATS OF THE ÇANKIRI PROVINCE AS A BIOGEOLOGICAL HERITAGE

Ayşenur Kayabaş
Çankırı Karatekin University, Science Faculty, Biology Department, Çankırı, Turkey
aysenurkayabas@karatekin.edu.tr

Abstract
The gypsum habitats containing rare and endemic plants are biogeological heritage areas with important rich flora. Gypsum habitats of Çankırı province covers a considerable area and are very important areas in biological, ecological and geological terms. Some of the gypsum habitats were determined as a result of the field studies carried out during the 2018-2020 vegetation period. Also gypsophytes growing in these habitats were identified. The gypsum areas encountered as a result of this study based on field observations: Ankara-Çankırı road gypsum hills (N 40° 07′ E 32° 00′, ~750 m altitude), Tuney village (N 40° 23′ E 33° 34′, ~700 m), around the salt stream (N 39° 39′ E 32° 12′, ~700 m), Süleymanlı village (N 40° 30′ E 33° 28′, ~700 m), at Uluyazı campus and its surrounding (N 40° 37′ E 033° 37′, ~970 m). Çankırı province belongs to the Iran-Turan phytogeographical region. Some gypsophytes detected as a result of plant identification are: *Gypsophila parva* Barkoudah, *Gypsophila eriocalyx* Boiss., *Gypsophila germanicopolitana* Hub.-Mor., *Astragalus karamasicus* Boiss. & Balansa, *Alyssum karamasicus* H.Duman & Aytaç, *Onobrychis germanicopolitana* Hub.-Mor & Simon, and *Linum mucronatum* Bertol. subsp. *gypsicola* Davis. Gypsum habitats in Çankırı; It suffers serious damage in a short time due to natural constraints such as erosion, runoff and sparse vegetation. In addition, as these areas are exposed to human activities such as land use changes, animal husbandry, grazing, excessive use of water resources, necessary protection measures should be taken in these habitats that have the characteristics of biogeological heritage.

Keywords: Gypsum, gypsophyte, conservation, biogeological heritage, Çankırı (Turkey).

BİYOJEOLOJİK MİRAS OLARAK ÇANKIRI İLİNİN JİPSLİ HABİTATLARI

Özet
Nadir ve endemik bitki türleriyle zengin floraya sahip jipsli habitatlar, önemli jeolojik miraslardır. Çankırı ili jipsli habitatları kayda değer alan kaplamakta olup, biyolojik, ekolojik ve jeolojik olarak önem taşımaktadırlar. 2018-2020 vejetasyon döneminde yapılan arazi çalışmaları sonucu Çankırı ili jipsli habitatlarından bazıları belirlenmiş ve bu habitatlarda yayılış gösteren jipsofitler teşhis edilmiştir. Arazi gözlemlerine dayanan bu çalışma sonucu; Ankara-Çankırı yolu il girişi jipsli tepeler (N 40° 07′ E 32° 00′, ~750 m yükseklik), Tuney köyü civarı (N 40° 23′ E 33° 34′, ~700 m), Tuz dersi mevkii (N 39° 39′ E 32° 12′, ~700 m), Çankırı-Kastamonu yolu Süleymanlı köyü ve çevresi (N 40° 30′ E 33° 28′, ~700 m), Uluyazı kampüsü ve civarında (N 40° 37′ E 033° 37′, ~970 m) jipsli habitatlara rastlanmıştır. Çankırı ili İran-Turan fitocoğrafik bölgesine aittir. Bitkilerin teşhisi sonucunda *Gypsophila parva* Barkoudah, *Gypsophila eriocalyx* Boiss., *Gypsophila germanicopolitana* Hub.-Mor., *Astragalus karamasicus* Boiss. & Balansa, *Alyssum nezaketiae* H.Duman & Aytaç, *Onobrychis germanicopolitana* Hub.-Mor & Simon, ve *Linum mucronatum* subsp. *gypsicola* Davis Çankırı iline ait jipsofitlere örnek olarak tespit edilmiştir. Çankırı'da jipsli habitatlar; erozyon, yüzey akışı ve seyrek bitki örtüsü gibi doğal kısıtlayıcılar nedeniyle kısa sürede ciddi zararlar görmektedir. Ayrıca arazi kullanım değişiklikleri, hayvancılık, otlatma, su kaynaklarının aşırı kullanımı gibi insan faaliyetlerine maruz kaldığından, bu jeolojik miras niteliğindeki habitatlarda gerekli koruma önemleri alınmalıdır.

Anahtar kelimeler: Jips, jipsofit, koruma, biyojeolojik miras, Çankırı (Türkiye).

BAĞLANTI ELEMANI ÜRETİMİNDE ŞEKİL VERME YÖNTEMİNDEKİ BAĞIMLI VE BAĞIMSIZ DEĞİŞKENLERİN İNCELENMESİ

Semih Çağlar TAŞ
Bolt Bağlantı Elemanları San. Tic. A.Ş., AR-GE, AR-GE
caglar.tas@bolt.com.tr

Murat MERMER
Bolt Bağlantı Elemanları San. Tic. A.Ş., AR-GE, AR-GE
murat.mermer@bolt.com.tr

Alper BAYGUT
Bolt Bağlantı Elemanları San. Tic. A.Ş., AR-GE, AR-GE
alper.baygut@bolt.com.tr

Özet
Yüksek kuvvetler altında malzemenin kalıcı olarak şekil değişimini amaçlayan soğuk dövme ile bağlantı elemanı üretimi yaygın kullanıma sahiptir. Soğuk dövme ile plastik şekil verme yöntemi bağımlı (malzeme, ürün geometrisi, yağlama, kalıp geometrisi, işlem sıcaklığı, işlem hızı, deformasyon miktarı) ve bağımsız (gerekli kuvvet, yüzey kalitesi ve ürün hassasiyetleri, deformasyon esnasındaki malzeme akışı, ürünün mekanik özellikleri) değişkenlerden etkilenmektedir. Bağımlı değişkenler işlem esasında belirlenir ve bağımsız değişkenleri etkilemektedir. Bağımlı değişkenlerin değişime uğraması ile bundan etkilenen bağımsız değişkenlerinde ne kadar değişeceğini mühendislik hesaplamaları ile belirlenmesi gereklidir. Bu hesaplamaların için yüksek gerçeklik sağlaması, etkili ve pratik olması sebebiyle çoğunlukla sonlu elemanlar ile çözümleme çalışmaları yapılmaktadır. Bu çalışmada, ürün üretiminde plastik şekil verme için bağımsız değişkenlerden olan malzeme ve kalıp geometrisine, işlem hızına ve deformasyon miktarına, bağımlı değişkenlerden ise deformasyon esnasındaki malzeme akışına ve boyut hassasiyetine odaklanılmıştır. Çalışma ürünü olan, otomotivde tapa cıvatası olarak adlandırılan bağlantı elemanının kafa altı conta çukur bölgesinin oluşturulmasının ürün için en kritik yer olduğu belirlenmiş ürünün kritik ölçülerine göre üretimini tüm parametrelere göre sağlayabilmek için sonlu elemanlar yöntemiyle simülasyon çalışmaları yapılmıştır. Cad yazılımları ile ürünün operasyonları için gerekli tüm kalıp tasarımları üç boyutlu ortamda gerçekleştirilmiş olup simülasyon programına aktarımı yapılarak detaylı mesh yapısı oluşturulmuştur. Hammadde (tel) olarak işleme başlanılmış ve istasyonlar arası şekillenen ürün aktarımı yapılarak nihai sanal ürün elde edilmiştir. Elde edilen veriler ile farklı optimizasyon çalışmaları yapılmıştır. Hammadde stress-strain diyagramları incelendiğinde, ürünün kalıpta daha yüksek adetlerde üretilebilmesi amacıyla simülasyon destekli yapılan optimizasyon çalışmalarıyla nihai üründe deformasyon ile oluşan strain değeri yaklaşık %18 değerinde azaltılmış ve buna bağlı olarak kalıp gerilmelerinin yaklaşık %40 azaldığı ve kalıp performansının arttığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Soğuk Dövme, Kalıp Analizi, Soğuk Şekillendirme, Sonlu Elemanlar Yöntemi

INVESTIGATION OF DEPENDENT AND INDEPENDENT VARIABLES IN FORMING METHOD IN FASTENER PRODUCTION

Abstract
The production of fasteners by cold forming, which aims to permanently change the shape of the material under high forces, is commonly used. The cold forming method and the plastic deformation method are affected by dependent (material,product geometry,lubrication,die geometry,process temperature,process speed,amount of deformation) and independent (required force, surface quality and product sensitivity, material flow during deformation, mechanical properties of the product) variables. Dependent variables are determined during the process and affects the independent variables. It is necessary to determine how much the dependent variables will change with the change of the independent variables effects with using engineering calculations. For these calculations; due to the fact that it provides high realism, is effective and practical, mostly analysis studies are carried out with the finite element method. In this study, material and die geometry, which are the independent variables for cold forming in product production, processing speed

and deformation amount, and the dependent variables, material flow during deformation and size sensitivity are focused. It has been determined that the creation of the under-head gasket pit region of the fastener, which is called the plug bolt in automotive, is the most critical place for the product, and simulation studies have been carried out with the finite element method in order to ensure the producibility of the product according to the critical dimensions according to all parameters. With CAD software, all the die designs required for the product's operations were made in three-dimensional environment, and a detailed "mesh" structure was created by transferring it to the simulation program. Processing was started as raw material (wire) and the product was transported by shaping between stations and the final virtual product was obtained. Different optimization studies were made with the data obtained. When the raw material "stress-strain" diagrams were examined, it was observed that the strain value formed by the deformation in the final product was reduced by about 18% with the simulation-supported optimization studies in order to produce the product in higher quantities in the die, and accordingly the die stresses decreased by about 40% and the die performance increased.

Keywords: Cold Forming, Die Analysis, Finite Element Method

ARAÇ ve PLAKA TANIMA

Serkan KIRCA
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilişim Sistemleri Mühendisliği
serkankirca@gmail.com

Hikmet Hakan Gürel
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilişim Sistemleri Mühendisliği
h.hakan.gurel@gmail.com

Özet
Yapılan bu çalışmada görüntü üzerinden araç ve plaka tanıma çalışması yapılmıştır. Yapılan çalışmada kullanılan veriler sahadan gerçek veri olarak toplanmıştır. Toplanan bu veriler labelImg yazılım programı yardımı ile etiketlenerek (plakanın ve araç aleminin olduğu kısımları işaretliyoruz. Kendisi xml otomatik oluşturuyor) resim üzerindeki plaka ve araç markasının konum bilgileri ve sınıf bilgileri .xml formatında kaydedilmiştir. Derin öğrenme algoritması ile görüntü üzerinde plaka ve araç modeli tesbiti yapılmıştır. Her bir resimde araç modeli ve araç plakası bulunmaktadır. Araç modeline göre sınıflandırma yapılmaktadır. Uygulanan mimariye göre yüksek hızda nesne tesbiti yapmaya olanak veren Yolo v2 modeli seçilmiştir ve eğitim test işlemi bu mimari özelinde yapılmaktadır. Oluşturulan model parametreleri kaydedilerek gerçek zamanlı nesne tesbiti yapılmıştır. Model belirli parametrelere göre parametreden satımız hiper parametre dediğimiz, oluşturduğumuz dış model parametreleri ağı oluşturduğumuzdaki kaç lazer olacağından ağa verilen resimi ebadının ne olacağından ve nasıl olacağı gibi parametreler üzerinde seçtiğimiz donanım üzerinde koşturulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Derin Öğrenme, Yolo, Görüntü İşleme, Araç Tanıma, Plaka Tanıma

VEHICLE and LICENCE PLATE RECOGNITION

Abstract
In this study, vehicle and license plate recognition studies were carried out on the image. The data used in the study were collected as real data from the field. These collected data are labeled with the help of the labelImg software program (we mark the parts where the license plate and the vehicle realm are. It automatically creates XML) and the position information and class information of the license plate and vehicle brand on the picture were recorded in .xml format. Plate and vehicle model were detected on the image with the deep learning algorithm. Each picture includes the vehicle model and license plate. Classification is made according to the vehicle model. The Yolo v2 model, which allows high speed object detection according to the applied architecture, was chosen and the training test process is carried out in this architecture. Real-time object detection was made by recording the created model parameters. The model is run on the hardware we choose on parameters such as the hyper parameter we sell from the parameter according to certain parameters, the number of lasers we will be when we create the external model parameters network, what the size of the picture given to the network and how it will be.

Keywords: Deep Learning, Image Processing, Neural Network, Vehicle Recognition

TÜRKİYE'NİN OTBİÇENLERİNİN BİYOÇEŞİTLİLİĞİ (ARACHNIDA: OPILIONES)

İLKAY ÇORAK ÖCAL
Çankırı Karatekin Üniversitesi, FEN FAKÜLTESİ, BİYOLOJİ BÖLÜMÜ
corakilkay@yahoo.com

NAZİFE YİĞİT KAYHAN
Kırıkkale Üniversitesi, FEN-EDEBİYAT FAKÜLTESİ, BİYOLOJİ BÖLÜMÜ
yigit@kku.edu.tr

MUSTAFA AVŞAR
Çankırı Karatekin Üniversitesi, FEN FAKÜLTESİ, BİYOLOJİ BÖLÜMÜ
mustafa.avs@gmail.com

Özet
Otbiçenler örümcek ve kenelerden sonra Araknitlerin tür çeşitliliği açısından en kalabalık takımıdır. Biyolojik kontroldeki önemleri ve indikatör tür olma özellikleri ile doğada önemli bir canlı grubudur. Otbiçenler en derin vadilerden, dağların zirvelerine kadar geniş bir yayılış alanına sahiptirler. Türkiye floristik açıdan da endemik türleri ile birlikte önemli coğrafyalardan biridir. Bir bölgedeki floristik çeşitlilik ile doğru orantılı olarak faunası da çeşitlenmektedir. Günümüzde dünya üzerinde tanımlanmış 6534 otbiçen türü tespit edilmiştir. Türkiyede ise tür sayısı yaklaşık 105'tir. Türkiye'nin zoocoğrafik konumu dikkate alındığında otbiçen tür sayısının çok daha fazla olması beklenmektedir. Yapılan çalışmalarda Türkiye'de teşhis edilen endemik türler ve yeni tür kayıtları bu teoriyi desteklemektedir. Avrupa otbiçen tür listesini tamamlamışken Türkiye'nin tür listesi henüz tamamlanamamıştır. Son yıllarda ülkemizde otbiçenlerle alakalı avlanmaları, beslenmeleri, morfolojik ve taksonomik özellikleri, coğrafik dağılışları, ışık ve elektron mikroskobu ile anatomik ve histolojik yapıları hakkında değişik araştırmalar yapılmaya başlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Türkiye, Biyolojik çeşitlilik, Tür, Opiliones, Otbiçen.

BIODIVERSITY OF TURKEY'S OPILIONES (ARACHNIDA: OPILIONES)

Abstract
Opiliones are the most populous group of Arachnids in terms of species diversity, after spiders and ticks. It is an important living group in nature with its importance in biological control and its characteristics as an indicator species. Opiliones have a wide range from the deepest valleys to the peaks of the mountains. with endemic species in terms of Turkey it is one of the major floristic regions. In direct proportion to the floristic diversity in a region, its fauna also diversifies. Today, 6534 herbivorous species have been identified in the world. In Turkey, about 105 species number. Considering Turkey's Zoogeographical position is expected to be much more than the number of species Opiliones. Endemic species that have been identified in studies in Turkey and new types of record supports this theory. Opiliones species list completed Turkey's European species list has not yet been completed. In recent years, different researches have begun to be made on the hunting, feeding, morphological and taxonomic characteristics, geographic distribution, anatomical and histological structures of herbivores in our country with light and electron microscopy.

Keywords: Turkey, Biodiversity, Species, Opiliones.

MEYVELERDE PAKETLEME UYGULAMALARI

Güven YILDIRIM
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Yetiştirme ve Islahı
gvnyldrm000@gmail.com

Ahmet AYGÜN
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Yetiştirme ve Islahı
ahmet.aygun@kocaeli.edu.tr

Özet
Tarım tekniklerinin gelişmesi ile sağlanan üretim artışının yanında, yaşanan gıda kayıplarının engellenmesi oldukça önemlidir. Üretilen ürünlerin son tüketiciye ulaşıp, tüketildiği ana kadar paketleme materyalleri ve olanakları büyük önem taşımaktadır. Üretilen meyvelerin paketlenme aşamalarında farklı teknik ve malzemeler kullanılmaktadır. Kağıt, ahşap, plastikten, yenilebilir ambalaj malzemelerine kadar çok farklı, organik ve inorganik ambalaj malzemeleri, basit ve gelişmiş ambalajlama sistemlerinde kullanılmaktadır. Ambalaj gıda ürününü koruma ve pazarlamaya ek olarak ürünün raf ömrünü uzatmak, gıda kalitesi ve güvenliğini geliştirmek veya izlemek gibi farklı çözümler sunabilmektedir. Bu çözümler, hijyen şartlarının öneminin her geçen gün arttığı günümüz şartlarında daha sağlıklı olanaklar sunmaktadır. Bu çalışmada meyvelerde paketleme materyalleri ve kullanılan uygulama yöntemleri hakkında bilgiler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ambalaj, Paketleme, Meyve, Muhafaza

PACKAGING APPLICATIONS IN FRUITS

Abstract
In addition to the increase in production provided by the development of agricultural techniques, it is very important to prevent food losses. Packaging materials and facilities are of great importance until the products produced reach the end consumer and are consumed. Different techniques and materials are used in the packaging of the produced fruits. A wide variety of organic and inorganic packaging materials from paper, wood, plastic to edible packaging materials are used in simple and advanced packaging systems. In addition to protecting and marketing the food product, packaging can offer different solutions such as extending the shelf life of the product, improving or monitoring food quality and safety. These solutions offer healthier opportunities in today's conditions, where the importance of hygiene conditions is increasing day by day. In this study, information about packaging materials and application methods used in fruits are presented.

Keywords: Packing, Packaging, Fruit, Storage

DOĞU ANADOLU FAYI ÇEVRESİNDE MEYDANA GELEN DOĞAL VE YAPAY SARSINTILARIN AYRIMI

Seher Gözsüz
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Mühendisliği
sehergozsuz@gmail.com

Evrim YAVUZ
İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı, Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı, Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü
evrim.yavuz@ibb.gov.tr

Tahir Serkan IRMAK
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği
irmakts@kocaeli.edu.tr

Özet
Depremsellik çalışmalarında doğal-yapay sarsıntı ayrımının eksikliği, sismik tehlike çalışmalarında kullanılan deprem kataloglarının hatalı veriler içermesine yol açmaktadır. Bu yüzden olayların kaynak türünün belirlenmesi, güvenilir deprem kataloglarının elde edilmesindeki temel çalışmalardan birisidir. Bu çalışmanın amacı, Doğu Anadolu Fayı çevresinde doğal ve yapay kaynaklı sarsıntıların birbirinden ayırt edilmesidir. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Yönetim Başkanlığı (AFAD) tarafından işletilmekte olan geniş bant deprem kayıt istasyonları kullanılarak Ocak 2017 – Kasım 2019 aralığında meydana gelmiş yerel büyüklüğü 1≤Ml≤3 olan 1322 olay için 15 düşey bileşen hız kayıtçısına ait veriler kullanılmıştır. Ayrımlaştırma yapılırken P-dalgası ve S-dalgası baskın genlikleri kullanılarak uygulanılan Genlik Oran (As/Ap), sinyalin başlangıcından sonuna kadar düşük ve yüksek frekans bandı ve belirlenen sınır pencereleri arasındaki değişimi hesaplayan Karmaşıklık yöntemleri uygulanarak elde edilen grafiklerden Lineer ve Karesel ayrışım denklemleri (LAF-KAF) oluşturularak doğal-yapay sarsıntı ayrımı yapılmıştır. Son olarak zaman-frekans ortamı analizi ile bir dalganın hem zaman hem de frekans ortamındaki davranışlarının birlikte gözlemlenebilmesi amacı ile Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü (KZFD) yöntemi uygulanmıştır. Analizleri yapılan 1326 olayın 856 tanesinin deprem, 372 tanesinin ise patlatma kaynaklı olduğu olduğu tespit edilmiş olup 98 adet olayın ise kaynak türü sınıflandırılamamıştır. Analizler sonucunda elde edilen başarı yüzdesi ise %92.61 olarak hesaplanmış olup yeni deprem katalogları buna göre düzenlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ayrımlaştırma analizleri, deprem, Doğu Anadolu Fayı, patlatma

DISCRIMINATION OF THE NATURAL AND ARTIFICIAL QUAKES OCCURRED AROUND THE EASTERN ANATOLIAN FAULT

Abstract
Lack of the discrimination between natural-artificial quakes in the seismicity studies causes the wrong data sets that included in the earthquake catalogues used in seismic hazard studies. Hence, determining the source types of the events is one of the basic studies for obtaining reliable earthquake catalogues. Discrimination of the natural and artificial quakes around the Eastern Anatolian Fault is the aim of this study. Using the broadband seismic stations operating by the Ministry of Interior Disaster and Emergency Management (AFAD) data of 15 vertical component velocity recordings were used for 1322 seismic events with a local magnitude 1≤Ml≤3 that occurred between January 2017 – November 2019. Performing the discrimination, the Amplitude Ratio (As/Ap) method applied by using dominant P-wave and S-wave and the Complexity analyse that calculate the variation between the low and high frequency bands and specified boundary windows from the beginning to the end of the signal, use for the calculation of Linear and Quadratic Discriminant Functions (LDF-QDF) by obtaining the graphs. Finally, the Short Time Fourier Transform (STFT) was applied in order to observe the performance of a signal in both time and frequency domain with the spectrogram. It was determined that 856 of 1326 events analyzed were caused by earthquakes and 372 were caused by blasts, and 98 events were not classified. The success rate was calculated as 92.61% and the new earthquake catalogues have accordingly been revised.

Keywords: Discrimination analyses, earthquake, East Anatolian Fault, blast.

ESTIMATION IN REPLICATED ULTRASTRUCTURAL MEASUREMENT ERROR MODELS BY IMPROVING CORRECTED SCORE FUNCTION

Gülesen Üstündağ Şiray
Çukurova University, Faculty of Science and Letters, Department of Statistics
gustundag@cu.edu.tr

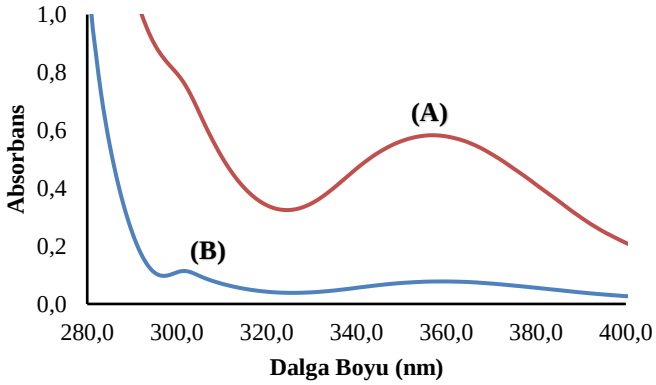
Abstract
The existence of measurement errors in both predictor and response variables in the data gives rise to inconsistent estimators. Multicollinearity among the regressors brings about faulty estimates of parameters, namely too large and unstable absolute values of the ordinary least squares estimates of the regression coefficients, and even theoretically crucial variables with wrong coefficients when there is a nonessential change in sample. In this context, the inspiration of this paper is to investigate the measurement errors and multicollinearity problems, which have out of favor effects on the estimation of regression coefficients, simultaneously. In this paper, by obtaining the three different forms of corrected score functions, three new estimators are proposed for the remedy of multicollinearity in the replicated ultrastructural measurement error models. Theoretical properties of these new estimators are examined without any distributional assumption. Also, a numerical example is done by using a real dataset.

Keywords: Measurement Errors, Multicollinearity, Ultrastructural Model, Replicated Observations

PALADYUM İYONLARININ ZENGİNLEŞTİRİLMESİ İÇİN DERİN ÖTEKTİK ÇÖZÜCÜ DESTEKLİ MİKROEKSTRAKSİYON (DÖÇDME) METODUNUN GELİŞTİRİLMESİ

Zekeriyya Bahadır
Giresun Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya
zekeriyya.bahadir@giresun.edu.tr

Özet
Derin ötektik çözücüler (DÖÇ), bir hidrojen bağı alıcısı (genellikle bir kuaterner amonyum tuzu) ve bir hidrojen bağı vericisinin (üre, gliserol, benzoik asit ve sitrik asit gibi) hidrojen bağı ile birbirlerine bağlanmaları sonucu oluşan çözücü sistemlerdir. Ötektik karışımın erime noktası, karışımı oluşturan bileşenlerin erime noktalarından daha düşüktür. Saf halde kolay sentezlenebilmesi, biyolojik olarak parçalanabilir olması ve düşük maliyetli olmaları gibi avantajlarından dolayı DÖÇ çözücüleri, çevresel numunelerde organik ve inorganik türlerin ekstraksiyonu için sıvı faz mikroekstraksiyon yöntemlerinde yeşil ekstraksiyon çözücüleri olarak kullanılırlar [1,2]. Bu çalışmanın amacı, derin ötektik çözücü olarak fenol ve setiltrimetilamonyum bromür karışımının, paladyum iyonlarının sulu çözeltilerden zenginleştirilmesi amacı ile mikroekstraksiyon işlemlerinde kullanılabilirliğinin incelenmesidir. Bu amaçla, yeni sentezlenmiş derin ötektik çözücü, %0,4 (w/v) KI içeren asidik 10 mL paladyum çözeltisine ilave edildi ve ötektik çözücü çözeltiye el ile çalkalanarak dağıtıldı. Daha sonra faz ayrımı için çözeltiye %4 (w/v) NaCl ilave edildi ve çözelti santrifüjlendi. Sulu faz dekante edildikten sonra, paladyum içeren ekstraksiyon çözücüsü alevli atomik absorpsiyon spektrofotometresi kullanılarak ölçüldü.



Şekil 1: DÖÇDME metodu için UV-görünür spektrumu. (A): Paladyum varlığında ekstraksiyon yönteminin uygulandığı spektrum; (B): Kör çözelti için ekstraksiyon yönteminin uygulandığı spektrum.

Kaynaklar
[1] *E.L. Smith, A. P. Abbott and K. S. Ryder, Chem. Rev. 2014, 114, 11060-11082.*
[2] A.P. Abbott, D. Boothby, G. Capper, D.L. Davies, and R.K. Rasheed, J. AM. CHEM. SOC. 2004, 126, 9142-9147.

Anahtar Kelimeler: Alevli atomik absorpsiyon spektroskopisi, derin ötektik çözücü, paladyum.

DEVELOPMENT DEEP EUTECTIC SOLVENT ASSISTED MICROEXTRACTION (DESAME) METHOD FOR PRECONCENTRATION OF PALLADIUM IONS

Abstract
Deep eutectic solvents (DESs) are systems formed from a eutectic mixture of hydrogen bond acceptor (generally a quaternary ammonium salt) and hydrogen bond donor (such as urea, glycerol, benzoic acid and citric acid) which can be associated with each other based on hydrogen bond interaction. The melting point of the eutectic mixture is lower than the melting points of the individual components. Due to the many

advantages of DESs such as biodegradability, easy to synthesize in pure state, and low costs, these solvents could be considered as green extraction solvents for liquid phase microextraction methods for extraction of organic and inorganic species in environmental samples [1,2]. The aim of present study was to develop a microextraction process based on novel deep eutectic solvent from combination of phenol and cetyltrimethylammonium bromide for the possibility of applying this deep eutectic solvent for enrichment of palladium from water samples.For this purpose, the new synthesized deep eutectic solvent were added to 10 mL palladium solution in acidic media including 0.4% (w/v) KI, and distributed by hand-skaked assistance. Then, for the phase separation, 4% (w/v) NaCI was added to the solution and centrifugated. After discarding the aqueous phase, the extraction solvent containing palladium measured using the flame atomic absorption spectrophotometer.

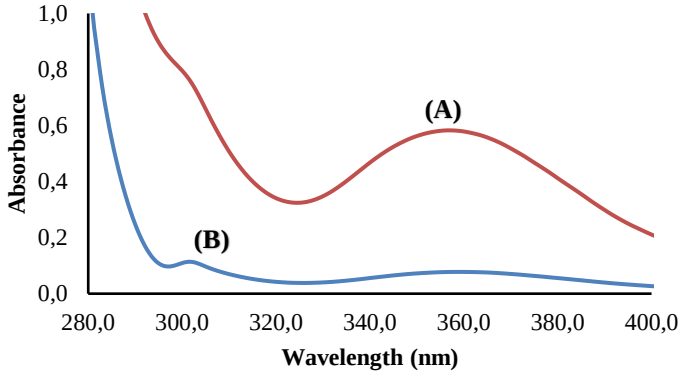


Figure 1: UV-visible spectrum of DESAME procedure. (A): The extraction method done with palladium ion; (B): The extraction procedure done for the blank.

Keywords: Deep eutectic solvent, flame atomic absorption spectrometry, palladium.

References

[1] *E.L. Smith, A. P. Abbott and K. S. Ryder, Chem. Rev. 2014, 114, 11060-11082.*
[2] A.P. Abbott, D. Boothby, G. Capper, D.L. Davies, and R.K. Rasheed, J. AM. CHEM. SOC. 2004, 126, 9142-9147.

CRDI BİR DİZEL MOTORDA FUZEL YAĞININ MOTOR PERFORMANS VE YANMA KARAKTERİSTİKLERİNE ETKİSİ

Birol Özgün
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Farkültesi, Otomotiv Mühendisliği
birolozgun29@gmail.com

Özet
Fuzel yağı, şeker pancarından şeker üretimi sırasında bir yan ürün olarak çıkan melas ile etil alkol üretilmesi sırasında ortaya çıkan atık bir üründür ve dizel motorlarda kullanılabilecek alternatif yakıtlardan bir tanesidir. Sunulan bu çalışmada, common-rail yakıt enjeksiyon sistemine (CRDI) sahip bir dizel motorda motorin ve fuzel yağı-motorin (%90 motorin - %10 fuzel yağı, F10) karışımı yakıt olarak kullanılmış ve bu yakıtların motor performans ve yanma karakteristikleri analiz edilmiştir. Testler 1500, 1800 ve 2100 dev/dk motor hızlarında ve ortalama motor yükünde (125 Nm) gerçekleştirilmiştir. Tüm devir şartlarında F10 yakıtının özgül yakıt tüketimi motorine kıyasla daha yüksekken, silindir içi basınç değerleri ise daha düşüktür. Motor devri artışı ile birlikte F10 yakıtının silindir içi basınç değeri motorine yaklaşmıştır. Ana ve pilot enjeksiyon karakteristiği, tutuşma gecikmesi ve yanmış yakıt kesri değerleri özellikle 1500 ve 1800 dev/dk'da önemli ölçüde farklılıklar göstermiştir. Her iki yakıtın maksimum ısıl dağılım oranlarının ve krank açısına göre konumlarının birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fuzel Yağı, dizel motor, performans, yanma

THE EFFECT OF FUSEL OIL ON PERFORMANCE AND COMBUSTION CHARACTERISTICS IN A CRDI ENGINE

Abstract
Fusel oil is a waste product produced during the production of molasses and ethyl alcohol as a by-product obtained during sugar production from sugar beet and it is one of the alternative fuels that can be used in diesel engines. In the presented study, diesel fuel and fusel oil-diesel fuel mixture (90% diesel - 10% fusel oil, F10) were used as the test fuels in a diesel engine with a common-rail fuel injection system (CRDI) and engine performance and combustion characteristics of these fuels were analyzed. The tests were carried out at 1500, 1800, and 2100 rpm engine speeds and medium engine load (125 Nm). In all engine test conditions, specific fuel consumption values of F10 fuel were higher than those of diesel fuel whereas in-cylinder pressure values of diesel fuel were higher than those of F10 fuel. The in-cylinder pressure values of F10 fuel became closer to those of pure diesel fuel with an increase in engine speed. Main and pilot injection characteristics, ignition delay, and mass burned fraction values showed significant differences especially at 1500 and 1800 rpm engine speeds. It was observed that the maximum heat release rate values of both fuels and their positions relative to the crank angle were close to each other.

Keywords: Fusel oil, diesel engine, performance, combustion

AĞIR METAL KİRLİLİĞİNE MARUZ KALMIŞ TOPRAKLARIN ÇİM BİTKİSİYLE (Lolium Perenne L.) DOĞAL ARITIMINDA pH ve EC'nin DEĞİŞİM SEYRİ

M. Cüneyt BAĞDATLI
Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği
cuneytbagdatli@gmail.com

Eda Nur ARIKAN
Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği
edanurarikann@gmail.com

Özet
Bu çalışma Cd ve Ni kirliliğine maruz kalmış topraklarda çim bitkisi kullanılarak doğal arıtımın gerçekleştirilmesi esnasında topraktaki pH ve Elektriksel İletkenlik (EC) değişimlerinin seyrini ortaya koymak amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada toprak materyali olarak Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi kampüs peyzaj alanlarında kullanılan Killi-tınlı ve hacim ağırlığı 1,58 g/cm3 olan topraklar kullanılmıştır. Topraklar elenerek 50 cm derinlikteki saksılara aktarılmıştır. Denemede ağır metal olarak bir grup saksıya Cd ve diğer grup saksılara ise Ni ağır metali 1000, 4000 ve 8000 ppm üç tekerrürlü olarak uygulanmış ve saksılar bir ay kadar inkübasyona bırakılmıştır. Ağır metal uygulanmadan önceki saksılardaki toprakların pH ve EC analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda araştırmada kullanılan toprağın pH değeri 7,3 ve EC değeri ise 390 µmhos/cm olarak bulunmuştur. Ağır metal uygulamasından sonra ise topraklarda iki aylık bir dönem içerisinde çim bitkisi yetiştirilmiştir. Doğal arıtım işlemleri tamamlandıktan sonra farklı dozlarda uygulanan ağır metallerin olduğu saksılardan tekrar toprak örnekleri alınmıştır. Alınan örneklerdeki pH ve EC değerleri sırasıyla Cd 1000 ppm uygulanan saksılarda 6,7 ve 1070 µmhos/cm, Cd 4000 ppm'de 6,1 ve 1620 µmhos/cm, Cd 8000 ppm'deki sakıslarda toprağın pH'sı 6,6 ve EC'si ise 910 µmhos/cm olarak belirlenmiştir. Ni uygulanan saksılardaki doğal arıtım sonucunda toprakların pH ve EC değerleri, Ni 1000 ppm uygulanan saksılarda 6,8 ve 890 µmhos/cm, Ni 4000 ppm uygulanan saksılarda 6,4 ve 1120 µmhos/cm, Ni 8000 ppm uygulanan saksılardaki toprakların doğal arıtım sonrasındaki pH değeri 7,0 ve EC değeri ise 640 µmhos/cm olarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda doğal arıtım ve ağır metal uygulamaları öncesinde pH değerlerinde ortalama 0,7 azalış ve EC değerlerinde ise 651 µmhos/cm bir artış olduğu belirlenmiştir. Genel olarak ise doğal arıtım öncesi ve sonrasındaki pH değerlerinde %10 azalış ve EC değişimlerinde ise % 200'ün üzerinde artan yönde bir değişimin olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Doğal Arıtım, Fitoremediasyon, pH, EC, Çim Bitkisi

THE CHANGE OF PH AND EC IN NATURAL TREATMENT WITH GRASS PLANT (LOLIUM PERENNE L.) OF SOILS EXPOSED TO HEAVY METAL POLLUTION

Abstract
This study was carried out to reveal the course of pH and Electrical Conductivity (EC) changes in the soil during natural treatment by using turf plants in soils exposed to Cd and Ni pollution. In the study, clay-loam soils with a volume weight of 1.58 g/cm3 used in the landscaping areas of Nevşehir Hacı Bektaş Veli University campus were used as soil material. Soils were sieved and transferred to 50 cm deep pots. In the experiment, Cd was applied to a group of pots as heavy metal and Ni heavy metal 1000, 4000 and 8000 ppm was applied in three replications to the other groups and the pots were left to incubate for a month. Before heavy metal application, pH and EC analysis of soils in pots were performed. In this context, the pH value of the soil used in the research was found to be 7,3 and the EC value to be 390 µmhos/cm. After the heavy metal application, grass plants were grown in the soils within a period of two months. After the natural treatment processes were completed, soil samples were taken from the pots with different doses of heavy metals. The pH and EC values of the soil samples taken, respectively 6,7 and 1070 µmhos/cm in pots applied Cd 1000 ppm, 6,1 and 1620 µmhos/cm at Cd 4000 ppm, pH 6,6 and EC 910 µmhos/cm at Cd 8000 ppm. The pH and EC values of the soil as a result of natural treatment in the pots where Ni was applied, pH 6.8 and EC 890 µmhos/cm in Ni 1000 ppm, pH 6,4 and EC 1120 µmhos/cm in Ni 4000 ppm, pH 7,0 and EC 640 µmhos

/ cm in Ni 8000 ppm. As a result of the study, it was determined that before natural treatment and heavy metal applications, there was an average decrease of 0.7 in pH values and an increase of 651 µmhos / cm in EC values. In general, it has been observed that there is a 10% decrease in pH values before and after natural treatment and an increasing directional change of more than 200% in EC changes.

Keywords: Natural Treatment, Phytoremediation, pH, EC, Grass Plant

**Bu Çalışma Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Doç. Dr. M. Cüneyt BAĞDATLI danışmanlığında yürütülen ve Yüksek Lisans öğrencisi Eda Nur ARIKAN tarafından yapılan "*Bazı Ağır Metallerce Kirlenmiş Tarım Topraklarının Çim Bitkisi (Lolium Perenne L.) Kullanılarak Fitoremediasyon Yöntemleriyle Doğal Arıtımı"* başlıklı Yüksek Lisans çalışmasının bazı sonuçlarından faydalanılarak hazırlanmıştır. Ayrıca bu çalışma Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi ABAP20F25 nolu Bilimsel Araştırma Projesi kapsamında desteklenmiştir.

VÜCUT YAĞ YÜZDESİNİN MAKİNE ÖĞRNMESİ YÖNTEMLERİ İLE TAHMİN EDİLMESİ

Betül Gülfem Başakın
Biruni Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü
gulfembasakin@gmail.com

Özet
Son yıllarda tüketim hızının artmasına bağlı olarak sağlıksız beslenme problemi ortaya çıkmıştır. Bu problem beraberinde vücudu oluşturan bileşenlerin daha detaylı incelenmesine ve beslenmeden kaynaklı sağlık sorunlarına çözüm getirilmesini doğurmuştur. En önemli vücut bileşenlerinden biri olan yağın vücuttaki miktarı veya oranı beslenme uzmanları için büyük önem taşımaktadır. Vücutta bulunan yağ yüzdesinin tespit edilmesi işlemi ise oldukça pahalı birtakım aletler yardımı ile gerçekleştirilmektedir. Her ne kadar bu aletlerin hata oranı düşük olsa da kullanımı halen yaygın değildir. Literatürde vücut yağ yüzdesi (VYY) hesaplanması için sunulmuş birçok amprik denklem mevcuttur. Bu denklemler girdi olarak antorpometrik ölçümleri kullanmaktadır. Bu denklemlerin hata oranı ölçüm yapan aletlerden görece yüksek olsa da hızlı ve güvenli sonuçlar verdiği söylenebilmektedir. Bu çalışmada VYY'sinin tespit edilmesi amacıyla makine öğrenmesi yöntemlerinden olan, Uyarlamalı ağ tabanlı bulanık çıkarım sistemi (ANFIS), Sınıflandırma ve Regresyon Ağaç Modeli (CART) ve Rasgele Orman (RF) kullanılmıştır. Veri seti olarak literatürde sıklıkla kullanılan ve yaş değeri ile birlikte 13 adet antropometrik ölçümün bulunduğu bir veri seti kullanılmıştır. Verilerin ilk olarak değişken önemi değerleri hesaplanmış ve bağımlı değişken üzerinde en yüksek öneme sahip olan beş değişken girdi olarak tanımlanmıştır. Daha sonra eğitim ve test olarak iki gruba ayrılan veriler ile makine öğrenmesi modelleri kurulmuştur. Test kısmı tahmin sonuçları istatistiksel olarak incelendiğinde literatürde aynı veri seti ile yapılan çalışmalardan daha düşük kök hata kareleri ortalaması (RMSE) değerine ulaşılmıştır. En başarılı tahmini yapan yöntem ANFIS olmuştur. Yapılan çalışma ile az sayıda antropometrik ölçüm ile VYY değerinin başarılı bir şekilde hesaplaması gerçekleştirilmiştir. İlerleyen çalışmalarda Biyoelektrik Empedans Analizi cihazı değerleri ve yine antropometrik ölçümler kullanılarak daha doğru sonuç veren modellerin kurulması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Vücut yağ yüzdesi, tahmin, beslenme, ANFIS, CART, rasgele orman

ESTIMATION OF BODY FAT PERCENTAGE BY MACHINE LEARNING METHODS

Abstract
Due to the increase in consumption habits in recent years, an unhealthy nutrition has emerged. This issue led to a more detailed investigation of the components that constitutes the human body and to solve the health problems caused by nutrition. The amount or percentage of body fat, which is one of the crucial components in the body, is of paramount importance for nutritionists. The process of determining the body fat percentage (BFP) is carried out with the help of expensive devices and equipment. Although this equipment has considerably low error rate, the usage of these devices is still limited. There are many empirical equations, which use anthropometric measurements as input, presented for the calculation of BFP in the literature. Although the error rate of these equations is relatively higher than the measurement devices, it is worth mentioning that fast and reliable results can be obtained by empirical equations. In this study, three different machine learning (ML) techniques, i.e. Adaptive network-based fuzzy inference system (ANFIS), Classification and Regression Tree Model (CART) and Random Forest (RF), were used to estimate the BFP. A data set consists of a total of 13 anthropometric measurements including the frequently used input variables in the literature as well as the age value. Firstly, variable importance values of each input variables were calculated, and so the five independent variables with the highest importance on the dependent variable were defined as inputs. Then, machine learning models were established with the data divided into two groups as training and testing. When the estimation results of the test part were evaluated statistically, lower root mean square error (RMSE) value was obtained compared to the studies conducted with the same data set in the past literature. The ANFIS was found the most accurate model. Furthermore, the BFP values were successfully calculated with a small number of anthropometric measurements. In future studies, it is aimed to establish more accurate models by using the results of Bioelectrical Impedance Analysis device in addition to the anthropometric measurements.

Keywords: Body fat percentage, estimation, nutrition, ANFIS, CART, Random forest

NEVŞEHIR ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİNDE BAZI TOPRAK ÖZELLİKLERİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) ORTAMINDA DEĞERLENDİRİLMESİ

M. Cüneyt BAĞDATLI
Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü
cuneytbagdatli@gmail.com

Esra CAN
Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
esracan.57@gmail.com

Özet
Bu çalışma Nevşehir merkez ilçe sınırları ile Nevşehir organize sanayi bölgesi ve çevresindeki bazı toprak karakteristik özelliklerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında mekansal olarak değerlendirilmesi kapsamında yürütülmüştür. Çalışmada Mülga Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğünden temin edilen 1/25.000 ölçekli sayısal toprak haritaları kullanılmıştır. Araştırma kapsamında çalışma alanının mevcut arazi kullanım kabiliyet sınıfları ile büyük toprak gruplarının mekansal analizleri gerçekleştirilmiştir. Toprak verileri Arc GIS 10.3.1 yazılımı yardımıyla mekansal olarak sınıflandırılmıştır. Yapılan analiz sonuçlarına göre Nevşehir merkez ilçe topraklarının büyük bir kısmını VI. sınıf arazilerin (işlemesiz tarıma elverişli) oluşturduğu ve 262518 da'lık bir alanı kapladığı belirlenmiştir. I. sınıf araziler ise (işlemeli tarıma elverişli) en az yer kapladığı ve 247 da'lık bir alana sahip olduğu görülmüştür. Organize sanayi bölgesi etrafındaki araziler ise genellikle III. (işlemeli tarıma elverişli) ve VI. (işlemeli tarıma elverişsiz) sınıf araziler oluşturmaktadır. Büyük toprak grupları incelendiğinde ise Nevşehir merkez ilçe sınırlarında regosol toprakların çoğunlukta olduğu ve 422967 da'lık bir alanı kapladığı görülmüştür. Kırmızımsı kahverengi toprakların 124 da ile çok az bir alana sahip olduğu belirlenmiştir. Organize sanayi alanı çevresinde ise çoğunlukla regosol toprakların olduğu görülmüştür. Çok az bir alanda ise kahverengi toprakların bulunduğu belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen bazı sayısal toprak karakteristik özelliklerinin bu alanlarda yapılabilecek başka çalışmalara altlık oluşturması açısından önemli olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Toprak Özellikleri, Nevşehir Organize Sanayi Bölgesi

EVALUATION OF SOME SOIL PROPERTIES WITH GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS (GIS) IN NEVŞEHİR ORGANIZED INDUSTRIAL ZONE

Abstract
This study was carried out within the scope of spatial evaluation of some soil characteristics in Nevşehir central district boundaries and Nevşehir organized industrial zone and its surroundings in the Geographical Information Systems (GIS). In the study, 1/25.000 scaled digital soil maps obtained from Abolished Village Services General Directorate (Turkey) were used. Within the scope of the research, spatial analysis of the existing land use capability classes of the study area and large soil groups were carried out. Soil data are classified spatially with the help of Arc GIS 10.3.1 software. According to the analysis results, most of the Nevşehir central district lands are VI. class lands (suitable for cultivation) and cover an area of 262518 da. It has been observed that 1st class lands (suitable for cultivated agriculture) occupy the least amount of space and have an area of 247 da. The lands around the organized industrial zone are generally III. (suitable for agriculture) and VI. (unsuitable for cultivated agriculture) class lands. When the large soil groups are examined, it is seen that regosol soils are in majority within the borders of Nevşehir central and cover an area of 422967 da. It was determined that the reddish brown soils have a very small area with 124 da. It was observed that there are mostly regosol soils around the organized industrial area. It has been determined that there are brown soils in a very small area. Some of the numerical soil characteristics obtained in the study are thought to be important in terms of forming a basis for other studies that can be done in these areas.

Keywords: Geographical Information Systems (GIS), Soil Properties, Nevşehir Organized Industrial Zone

**Bu Çalışma Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Doç. Dr. M. Cüneyt BAĞDATLI danışmanlığında yürütülen ve Yüksek Lisans öğrencisi Esra CAN tarafından yapılan "*Nevşehir Organize Sanayi Bölgesi Topraklarında Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Ortamında Mekânsal Analizi"* başlıklı Yüksek Lisans çalışmasının bazı sonuçlarından faydalanılarak hazırlanmıştır.

UV IŞINLARI İLE KURUYABİLEN BUĞU TUTMAYAN KAPLAMALAR

Seda Karabulut
Marmara Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya
sedakarabulut@marun.edu.tr

Hatice Birtane
Marmara Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya
hatice.ceylan@marmara.edu.tr

Memet Vezir Kahraman
Marmara Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya
mvezir@marmara.edu.tr

Özet
Günümüzde birçok alanda kullanılan ışık geçirgenliği iyi şeffaf yüzeyler (araba camları, gözlük, kayak gözlükleri, tıbbi ekipman, sera örtüleri vb.) buğu oluşumu sonucunda bu özelliklerini kaybetmektedirler. Bu çalışmada ışık geçirgenliği çok iyi olan polikarbonat (PC) şeffaf plakalar üzerinde buğu oluşumunu önlemek amacıyla, ıslanabilirliği yüksek yeni bir kaplama malzemesi geliştirilmiştir. Çevreci bir yaklaşımla solvent içermeyen, ultraviyole (UV) ışınlar ile kuruyabilen bir kaplama formülasyonu hazırlanmıştır. Hazırlanan bu kaplama formülasyonunda ticari bir oligomer olan LR8982, çapraz bağlayıcı ajanlar ve yüzeye yüksek hidrofilik özellik kazandıracak olan 3-sülfopropilakrilat potasyum tuzu ile karıştırılmıştır. Elde edilen karışıma fotobaşlatıcı ilave edilerek PC yüzeyine aplikatör ile uygulanmış ve UV ışınları ile kurutulmuştur. Kaplanmış plakalara uygulanan temas açısı ve buğu testleri, hazırlanan kaplama formülasyonunun iyi hidrofilik özelliğe sahip olduğunu ve yüzeyin buğu tutmadığını göstermiştir. Ayrıca kalem sertliği, çapraz kesme ve şişme testlerinden kaplamanın iyi yüzey özelliklere sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Buğu tutmama, UV ile kuruyabilen, 3-sülfopropilakrilat potasyum tuzu

UV CURABLE TRANSPARENT ANTI-FOG COATING

Abstract
Nowadays, surfaces with high light transmittance (car glasses, glasses, medical equipment, greenhouse covers, etc.) which are used in many areas lose their transparency as a result of fog formation. In this study, a new coating material with high wettability was developed to prevent the formation of fog on polycarbonate (PC) transparent panels. With an environmental approach, UV curable coating formulation were prepared. In that coating formulation, LR8982, a commercial oligomer, was mixed with cross-linking agents and 3-sulfopropyl acrylate potassium salt which gives the surface high hydrophilic properties. Photoinitiator was added to the mixture, then it was applied to the PC surface with an applicator and dried with UV rays. The contact angle and fog tests showed that the prepared coating formulation had hydrophilic properties. Besides, it has been observed from the pencil hardness, cross-cut and swelling tests that the coating has good surface properties.

Keywords: anti-fogging, UV curable, 3-sulfopropyl acrylate potassium salts

SİMÜLASYON DESTEKLİ SOĞUK DÖVME KALIP ANALİZİ VE SONUÇLARIN İNCELENMESİ

Murat MERMER
BOLT Bağlantı Elemanları San. Tic. A.Ş, Ar-Ge, Ar-Ge
murat.mermer@bolt.com.tr

Tamariye BAĞCI ARIK
BOLT Bağlantı Elemanları San. Tic. A.Ş, Ar-Ge, Ar-Ge
tamariye.bagci@bolt.com.tr

Özet
Plastik şekillendirme yöntemlerinden biri olan soğuk dövme yöntemi ile bağlantı elemanı üretimi uygulamaları, yüksek üretim hızı ve yüzey kalitesi sebebiyle tercih edilmektedir. Soğuk dövme yöntemi, sıcak ve ılık dövme yöntemlerine göre daha yüksek dövme yüklerine ihtiyaç duymaktadır. Dövme yüklerin artmasıyla birlikte soğuk dövme kalıpların kalıcı deformasyona maruz kalma olasılığı da artmaktadır. Soğuk dövme yönteminin maliyetlendirme kalemlerinin başında kalıp gideri gelmekte ve bu sebeple kalıp ömürlerinin önemi artmaktadır. Ürünün geometrik şeklinin de getirdiği zorluklar göz önüne alındığında kalıpların ömürleri beklenenden daha düşük olabilmektedir. Soğuk dövme kalıpları, çekirdek (parçanın geometrisine göre tasarlanmış ve işlenmiş WC-Co – Tungsten Karbür) ve zarf (takım çeliği) ismi verilen iki farklı malzemenin sıkı geçme yöntemi ile birleştirilmesiyle oluşturulmaktadır. İç kısımda bulunan çekirdeğin basma gerilmelerine olan dayanımı iyi iken, dış kısımda bulunan zarfın ise çekme gerilmelerine olan dayanımı daha etkindir. İkisinin birbiri içerisinde sıkı geçirilmesi ile farklı malzemelerin özellikleri kompoze edilmiş olmaktadır. Bu tarz sistemlerde sıkı geçme oranı en az tasarım kriterleri kadar önem arz etmektedir. Bu çalışmada, düşük karbonlu ve alaşımlı çelik olan 20MnB4 (EN ISO 10263-4) malzemesinin soğuk dövme yöntemi ile şekillendirilmesi sonlu elemanlar analiz programı ile incelenmiş, kullanılan kalıpların maruz kaldığı yükler sayısal olarak analiz edilmiştir. Ürün geometrinin getirdiği zorluklar neticesinde soğuk dövme kalıplarında beklenenden az üretim adetlerinde kırılmalar olabileceği öngörülmektedir. Çalışmada, üretimi gerçekleştirilen üründe kalıpların performansları sonlu elemanlar yazılımı destekli incelenmiş, kalıp kırılma sebepleri tespit edilmiş ve kırılmanın önlenebilmesi için farklı sıkı geçme oranları denenmiştir. Farklı oranlar ile yapılan simülasyon çalışmaları sonucunda bu ürün için optimum sıkı geçme oranı 0.7% olarak belirlenmiş ve bunun neticesinde kalıp performansında yaklaşık %35 oranında iyileşme görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Plastik şekil verme, Sonlu Elemanlar Yöntemi, Nümerik Analiz, Kalıp Analizi

COLD FORGING MOLD ANALYSIS AND RESULTS INVESTIGATION WITH SIMULATION

Abstract
Cold forming method, which is one of the plastic forming methods, is preferred due to its high production rate and good surface quality.Cold forming method requires higher forging loads than hot and warm forming methods.With increasing forging loads, the possibility of permanent deformation of cold forming dies increases.Die expense comes first among the costing items of the cold forming method and therefore the importance of die life increases.Considering the difficulties caused by the geometric shape of the product,the life of the dies may be lower than expected.Cold forming dies are formed by combining two different materials called die insert(WC-Co-Tungsten Carbide designed and processed according to the geometry of the part)and stress ring(tool steel)by the shirink fitting method.While the die insert has a good resistance to compressive stresses, the stress ring has a more effective resistance to tensile stresses.The properties of different materials are composed with the shrink fit of the these two materials.In such systems,the shrink fit rate is at least as important as the design criteria.In this study, the low carbon and alloy steel 20MnB4(ENISO 10263-4)forging by cold forming method of the material was examined by the finite element analysis program and the loads to which the used dies were exposed were analyzed numerically.With the difficulties of the product geometry,it is predicted that the cold forging dies may fractured in less than expected production quantities.With this study, the performances of the dies in the produced product were examined with the support of finite element analyzes,the reasons for fracture of dies were determined and different

shrink fit ratios were tried to prevent fracture.As a result of simulation studies with different shrink fit ratios,the optimum shrink fit ratio for this product was determined to be 0.7% and as a result,an improvement of approximately 35% was observed in die life performance.

Keywords: Plastic Deformation, Finite Element Method, Numerical Analyzes, Die Analyzes

KUYUMCULUK KAYNAKLI ATIKLARIN RAMAT SEKTÖRÜ İLE GERİ KAZANIM YÖNTEMLERİ VE ATIK YÖNETİMİ

ESRA ŞAHİN
Süleyman Demirel Üniversitesi, FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ, SU BİLİMLERİ
esra.fatma.sahin@gmail.com

BÜLENT KIRKAN
Süleyman Demirel Üniversitesi, SU ENSTİTÜSÜ, SU BİLİMLERİ
bulentkirkan@sdu.edu.tr

Özet
Doğal kaynakların en verimli şekilde kullanımının gerçekleştirilmesi, yeniden değerlendirilme imkanı olan atıkların kimyasal ve/veya fiziksel işlemlerinden geçirilerek geri kazanıma katılması ve potansiyel kaynakların gelecek nesillere daha fazla şekilde bırakılmasını sağlamak amacıyla "ramat" olarak adlandırılan hurda atıkların geri kazanım ve atık yönetim uygulamalarının kontrollü bir şekilde gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda kuyumcu atölyeleri, kuyumcu tamircileri ve küçük çaplı atölyelerde değerli metallerin (altın, gümüş vb.) işlenmesi, parlatılması ve silinmesi sırasında kullanılan değerli metalin oranına göre altın, gümüş vb. değerli hurda atıkları oluşmaktadır. Oluşan bu fire yaklaşık olarak 1 kg altından ortalama 100 gr altın firesi olarak hesaplanmaktadır. Bu anlamda dünyadaki kaynakların sınırlı olduğu düşünülürse kuyumculukta oluşan bu fire kaybının geri kazanılmasının ne kadar önemli olduğunu anlamış oluruz. Ekonomik zorluklar içerisinde ve kalkınma çabasında olan ülkemizin tabii kaynaklardan uzun vadede ve en verimli şekilde faydalanabilmesi için atıkların yeniden değerlendirilmesi ve ekonomik değeri olan maddeleri geri kazanım yöntemleri araştırılmıştır. Değerli metallerin, kuyumculuk kaynaklı hurda atıklarından cila ve atölye (yer) ramat yöntemleri ile geri kazanılarak tekrar üretim zincirine katılması amaçlanmaktadır. Ramatçıya getirilen cila ramatları; kral suyu prosesi ile atölye ramatları ise ergitme ocaklarında kal yöntemi kullanılarak hurda atıklardan altın, gümüş vb. değerli metallerin geri kazanımı gerçekleştirilmektedirler. Bu atıkların geri kazanılma işlemi ve sonrasında bertaraf edilmesi gereken atıklar oluşmaktadır. Bu geri kazanım işlemleri gerçekleştirilirken ocakların kullanımından refraktör, değerli metallerden büyük oranda arındırılmış cüruflar, yakma kaynaklı baca gazı tozu ve kimyasal işlemlerden kaynaklı atıksu (tehlikeli durulama sıvıları) atıkları oluşmaktadır. Bu çalışmada, değerli metallerin geri kazanım yöntemleri ve bu işlemler sonucu oluşan tehlikeli maddelerin yönetimi, kontrolü, geri kazanım ve bertaraf sürecine kadar geçen aşamaları incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Cila ramatı, Atölye (yer) ramatı, Kral suyu, Geri Kazanım, Değerli Metal

RECOVERY METHODS AND WASTE MANAGEMENT OF WASTES FROM JEWELERY WITH RAMAT SECTOR

Abstract
The realization of the efficient use of natural resources, through the chemical and/or physical processes of waste which can be re-evaluated and the recovery of scrap waste, called "ramat", to ensure the maximum potential resources are left to future generations, and waste management applications should be carried out in the most controlled manner. In this context, gold, silver etc. according to the ratio of the precious metal used during the processing, polishing and wiping of precious metals (gold, silver etc.) valuable scrap waste is generated. This waste is calculated as approximately 100 grams of gold waste from approximately 1 kg of gold. In this sense, considering that the resources in the world are limited, we understand how important it is to recover this waste loss in jewelry. In order for our country, which is in economic difficulties and striving for development, to benefit from natural resources in the long term and in the most efficient way, the methods of recycling the wastes and recycling the materials with economic value have been investigated. It is aimed that precious metals are recycled from jewelery-sourced scrap wastes with polish and workshop (ground) ramat methods and re-join the production chain. Polishing mats brought to the ramaster; With the royal water process, the workshop ramats are removed from the scrap waste gold, silver, etc. precious metals are recovered. The recycling process of these wastes and wastes that need to be disposed afterwards are formed. While performing these recovery processes, refractory, slag that is largely free of precious metals, flue gas

dust from combustion and wastewater (hazardous rinsing liquids) from chemical processes are generated from the use of furnaces.In this study, the recovery methods of precious metals and the management, control, recovery and disposal stages of hazardous materials resulting from these processes are examined.

Keywords: Polish Waste, Ground Waste, Aqua Regia, Recycling, Precious metal

METİN MADENCİLİĞİ TEKNİKLERİ KULLANILARAK ÖZET EPİKRİZLERE DAYALI POLİKLİNİK SINIFLANDIRILMASI

Müberra TERZİ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği
muberra.terzi@omu.edu.tr

Naci MURAT
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği
nacimurat@omu.edu.tr

Özet
Dijitalleşen Dünya ile birlikte büyük veri kavramı ortaya çıkmış olup veriler yapısal ve yapısal olmayan olmak üzere iki halde bulunurlar. Metinsel halde bulunan veriler yapısal olmayan veri olarak sınıflandırılmaktadır. Yapısal olmayan verilerin analizinde metin madenciliği metotları kullanılmaktadır. Dünya'da son yıllarda artış gösteren metin madenciliği tekniği pek çok alanda olduğu gibi sağlık alanında da uygulanmaktadır. Bu çalışmada Ocak-Aralık 2019 tarihleri arasında özel hastanenin acil servisine başvuran hastalarına ait yapısal olmayan 20.516 adet sağlık verisi kullanılarak metin madenciliği tekniği uygulandı. Hastaların acil servise başvuruları sırasında şikayetlerinin yazıldığı özet epikriz bilgileri ve yönlendirildikleri poliklinik verileri toplandı. Doğal Dil İşleme kütüphanelerinden biri olan Zemberek Dil Kütüphanesi ile sözlük tabanlı kök bulma yöntemi kullanıldı ve kelimeler ek-köklerine ayrıldı. Kelimelerin frekanslarına bakıldı ve Binary Ağırlıklandırma Metodu ile kelimelerin epikrizlerdeki kullanımları incelendi. Sınıflandırma öncesinde veriler 0-15 yaş arası ve 15 yaş üzeri olmak üzere hastalar iki sınıfa ayrıldı. 0-15 yaş arasındaki hastalara ait veriler, yönlendirilen poliklinik tek olduğundan dolayı analiz dışı tutuldu. 15 yaş üzeri hastalara ait verilerde hasta sayısı 200'ün altında olan 5 poliklinik veri sayısı azlığından dolayı analiz dışı tutuldu. Apriori algoritması kullanılarak bulunan kök kelimeler arasındaki birliktelik ilişkisi incelendi. 32 tane birliktelik kuralı bulundu. Çıkan birliktelik kurallarına göre hastaların şikayetleri ve yönlendirildikleri poliklinikler arasında sınıflandırma yapıldı. Yapılan sınıflandırma için Destek Vektör Makineleri (SVM) metodu kullanıldı. Veriler %70 eğitim- %30 test verisi olarak ayrıldı. %80 doğruluk oranı bulundu. Hastaların şikayetlerine göre yönlendirildikleri polikliniklerin bulunduğu karar destek sistemi oluşturuldu.

Anahtar Kelimeler: Metin madenciliği, Birliktelik Analizi, Sınıflandırma, Acil Servis

OF POLYCLINIC CLASSIFICATION BASED ON ABSTRACT EPICRISIS USING TEXT MINING TECHNIQUES

Abstract
With the digitalizing world, the concept of big data has emerged, data exist in two forms which structural and unstructured. Textual data are classificationed unstructured data. In the analysis of unstructured data is used to text mining methods. Increased text mining technique in recent years in the world, is used in the field of health as in many other fields. In this study, text mining has been made using 20.516 piece unstructured health data of belonging to patients who applied to the emergency department of private hospital between January-December 2019. The abstract epicrisis information in which the complaints of the patients were written and the outpatient clinic data to which they were referred were collected. Dictionary-based root finding method was used with Zemberek Language Library which one of the Natural Language Processing libraries, and words were divide into additionals-roots. The frequencies of the words were look at and the use of words in the epicrisis was examined with the Binary Weighting Method. Before classification the data, the patients were divided into two classes: 0-15 years old and over 15 years old. Patients data aged 0-15 were excluded from the analysis because the referenced polyclinic was the only one. Five polyclinics with less than 200 patients in the data of patients over the age of 15 were excluded from the analysis due to lack of data. The association relationship between root words found using the Apriori Algorithm was examined. 32 association rules were found According to the association rules, the complaints of the patients and the polyclinics they were referred to were classified. Support Vector Machines(SVM) classification method was applied. Veriler %70 eğitim- %30 test verisi olarak ayrıldı. 80% accuracy rate was found. A decision support

system, which includes polyclinics where patients are directed according to their complaints, has been established.

Keywords: Text Mining, Association Analysis, Classification, Emergeny Service

AKILLI TELEFON SENSÖRLERİ KULLANILARAK YAPAY ZEKA TABANLI AKTİVİTE TAKİBİ

Mohammed Albaba
Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Electrical and Electronics Engineering Department
195105403@ybu.edu.tr

Alhakam Qassab
Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Computer Engineering Department
195101412@ybu.edu.tr

Jaspreet Kaur
Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Electrical and Electronics Engineering Department
195105402@ybu.edu.tr

Yunus Emre Ateş
Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Electrical and Electronics Engineering Department
185105130@ybu.edu.tr

Arif Yılmaz
Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Graduate School of Informatics, Medical Informatics Graduate Program
arif.yilmaz@tubitak.gov.tr

Özet
Son zamanlarda, mobil bilgi işlem ,sağlık kontrolü ve takibi alanlarında cep telefonlarında kullanılan ivme ölçer benzeri sensörler sayesinde kişisel aktivite takibi gibi uygulamalar önemli hale gelmiştir. Bu uygulamaların gerçekleşmesi için kişisel aktivite takibinin yapılabilmesi ve insanların sağlık durumlarının daha iyiye gitmelerine yardımcı olmak için derin öğrenme metodlarının kullanılmasıyla daha kesin sonuçlar elde edilebilir. Günümüzde, İnsan hareket ve aktivitelerinin tespit edilmesi ve sınıflandırılması için çeşitli akıllı telefon uygulamaları geliştirilmeye devam edilmektedir. Bu uygulamalar çok sayıda sensörden gelen verileri işler ve bunları ham veri dosyası olarak kaydeder. Bu makalede açık kaynaklı ve 3 eksenli özelliğe sahip olan WISDM veri seti kullanılmıştır. Makalede CNN ve RNN olmak üzere iki derin öğrenme metodu kullanılmıştır-(RNN-LSTM). Bu makalenin amacı, iki farklı derin öğrenme metodundan elde edilen bulguları kıyaslamak, kesinlik ve kayıplar açısından karşılaştırma yapmaktır. Yapılan çalışmalar sonucunda aktivite takibi veri seti kullanılarak yapılan değerlendirmede, CNN algoritmasının % 81'lik bir kesinliğe sahip olduğu bulunurken aynı veri kümesi ile yapılan çalışmada RNN-LSTM algoritmasının % 93'lük bir kesinlik sonucuna sahip olduğu anlaşılmıştır. Bu çalışmalar neticesinde RNN-LSTM algoritmasının CNN algoritmasından daha kesin sonuçlar ürettiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Aktivite Takibi,Evrişimsel Sinir Ağları(CNN),Yinelenen Sinir Ağları(RNN),Uzun Kısa Süreli Bellek (LSTM)

DEEP LEARNING-BASED ACTIVITY TRACKING USING MOBILE SENSORS

Abstract
Recently, Personal activity tracking using mobile sensors such as cell phone accelerometers is an important application in mobile computing, health and tracking. It may be performed accurately by using deep learning models to study the behavior of humans to improve the health care situation for them. Nowadays, for

detecting and classifying human activities, there are various smartphone applications which depend on the sensors that are generating the data and saving it as a raw file. In our paper, we used the WISDM dataset which is an open-source dataset that has some features according to the three axes. In this paper, we implemented two deep learning models which are Convolutional Neural Network (CNN) and Recurrent Neural Network - Long Short-Term Memory (RNN-LSTM). The purpose of our paper is to compare the results of them in terms of accuracy and loss. We figured out that the activity tracking dataset accuracy by using (CNN) algorithm is 81% while the accuracy of the same dataset by using (RNN-LSTM) is 93% which led to the result of being the (RNN-LSTM) algorithm is better than (CNN) algorithm.

Keywords: Activity Tracking, Convolutional Neural Network (CNN), Recurrent Neural Network (RNN), Long-Short Term Memory (LSTM)

KONYA İLİ STANDART YAĞIŞ İNDEKSİ DEĞERLERİNİN HİBRİT MAKİNE ÖĞRENMESİ YÖNTEMLERİ İLE TAHMİN EDİLMESİ

Mahmut YETİŞİR
Erzincan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği A.B.D
im.mahmutyetisir24@hotmail.com

Hüseyin Yıldırım DALKILIÇ
Erzincan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği
hydalkilic@erzincan.edu.tr

Özet
Su, yeryüzündeki tüm canlıların yaşamı için vazgeçilmez unsurların başında gelmektedir. Su kaynaklarını besleyen en önemli parametre ise yağışlardır. Yağışlarda meydana gelen azalma ile canlıların hayatında birçok aksaklık meydana gelebilmektedir. Bu aksaklıklara sebebiyet veren doğa olayı ise kuraklık olarak isimlendirilmektedir. Kuraklık, bulunduğu bölgenin iklimsel özelliklere bağlı olan ve yeryüzündeki canlıların yaşamını olumsuz etkileyen afettir. Bu afetin oluşmasından önce gerekli çalışmalar ve tahminler yapılıp önlemler alınmalıdır. Kuraklık şiddetinin tanımlanmasında farklı birçok indeks kullanılmaktadır. Standart yağış indeksi (SYİ), literatürde en sık kullanılan indekslerden biridir. Bu çalışmada Konya- Seydişehir'de, 1960-2019 yılları arası aylık toplam yağış verileri kullanılarak kuraklık tahmini gerçekleştirilmiştir. İlk olarak SYİ değerleri 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık periyotlar için hesaplanmıştır. Tahmin çalışmaları için, Yapay sinir ağları (YSA), Destek vektör makineleri (DVM) ve Çok değişkenli uyarlanabilir regresyon eğrileri (MARS) yöntemleri kullanılmıştır. Modellerin performansını doğrulamak için verilerin %70'i (1960-2001) eğitim, %30'u (2002-2019) test etmek için kullanılmıştır. Çalışmada model tahmin performansını arttırmak için, zaman serisi analiz yöntemlerinden olan dalgacık dönüştürme (DD) tekniği de kullanılmıştır. DD analizi sırasında farklı ana dalgacık tipleri (Haar, Daubechies, Symlet, Coiflet) ve farklı seviyelede ayrıştıma (3, 4, 5) gerçekleştirilmiştir. Tüm DD modellerin sonuçları hata kareleri ortalaması (HKO) metriğine göre değerlendirilmiş ve en düşük HKO değerini veren ana dalgacık tipinin Coiflet ve seviyesinin ise 4 olduğu tespit edilmiştir. Tahmin modelelleri oluşturulduktan sonra 1, 3 ve 6 ay sonraki SYİ değerlerinin tahmini gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar istatistiksel olarak HKO ve Nash–Sutcliffe (NSE) metriklerine göre değerlendirilmiştir. Yalın modellerin oldukça vasat bir tahmin performansı sergilediği bu duruma nazaran dalgacık dönüşümlü hibrid modellerin tahmin performansını yüksek derecede arttırdığı gözlemlenmiştir. Çalışma neticesinde, kuraklık çalışmalarında makine öğrenimi yöntemlerinin hibrid şekilde kullanımının çok iyi sonuçlar verdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Standart Yağış İndeksi, MARS, Destek Vektör Makineleri, Yapay Sinir Ağları, Kuraklık

PREDICTION OF STANDART PRECIPITATION INDEX VALUES OF KONYA PROVINCE BY USING HYBRID MACHINE LEARNING METHODS

Abstract
Water is one of the essential elements for the life of all living things on earth. The most important parameter feeding water resources is precipitation. With the decrease in precipitation, many problems may occur in the lives of living things. The natural event that causes these disruptions is called drought. Drought is a disaster that depends on the climatic characteristics of the region and negatively affects the life. Before the occurrence of this disaster, necessary studies and predictions should be made and precautions should be taken. Many different indexes are used to define the severity of drought. The Standard Precipitation Index (SPI) is one of the most frequently used indices in the literature. In this study, drought prediction was made by using the monthly total rainfall data between 1960-2019 in Konya-Seydişehir. First, SPI values were calculated for 3, 6, 9, 12 and 24-month periods. Artificial Neural Networks (ANN), Support Vector Machines (SVM) and Multivariate Adaptive Regression Curves (MARS) methods were used for the prediction studies. To verify the performance of the models, 70% of the data (1960-2001) were used for training and 30% (2002-2019) for testing. In the study, Wavelet Transform (WT) technique, one of the time series analysis methods, was also used to increase the model prediction performance. Different main wavelet types (Haar, Daubechies,

Symlet, Coiflet) and different levels of decomposition (3, 4, 5) were performed during the WT analysis. The results of all WT models were evaluated according to the Mean Square Error (MSE) and it was determined that the main wavelet type that gives the lowest MSE value was Coiflet and its level was 4. After the prediction models were created, the estimation of SPI values after 1, 3 and 6 months was performed. The results were statistically evaluated according to the MSE and Nash – Sutcliffe (NSE) metrics. It has been observed that lean models exhibit a fairly mediocre prediction performance, and hybrid models with wavelet transform highly increase the prediction performance. As a result of the study, it was concluded that the hybrid use of machine learning methods in drought studies gave very good results

Keywords: Standard Precipitation Index (SPI), MARS, Support Vector Machines, Artificial Neural Networks, Drought

N-BOYUTLU BİRİM DİSK ÜZERİNDE KAOTİK FONKSİYONLAR

Engin Furat
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Matematik
efuratt@gmail.com

Özet
Dinamik sistemler teorisinde çeşitli kaos tanımları mevcuttur. Bunların en popüler olanı Devaney'in kaos tanımıdır. Bir metrik uzay üzerinde anlamlı olan Devaney'in kaos tanımı üç ana unsurdan oluşmaktadır. Bunlar periyodik noktaların yoğunluğu, topolojik geçişkenlik ve başlangıç şartlarına hassas bağımlılıktır. Bu çalışmada Öklidyen uzaylardaki kapalı birim disk üzerinde kaotik fonksiyonların inşası için bir yöntem verilmiştir. Bunun için öncelikle [ND-ŞK] da verilen çarpım tekniği kullanılarak yüksek boyutlu Öklidyen uzaylardaki kübik bölgeler üzerinde kaotik fonksiyonlar elde edilmiştir. Daha sonra topolojik eşleniklik argümanı kullanılarak n-boyutlu küp üzerindeki kaotik fonksiyonlar, n-boyutlu disk üzerindeki kaotik fonksiyonlara transform edilmiştir. Topolojik eşleniklik için n-boyutlu küpten n-boyutlu diske giden standart homeomorfizm kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: : Kaotik fonksiyon, Topolojik eşleniklik, Topolojik geçişkenlik, Periyodik nokta, Başlangıç şartlarına hassas bağımlılık

CHAOTIC FUNCTIONS ON N-DIMENSIONAL UNIT DISC

Abstract
There are various definitions of chaos in the theory of dynamical systems. The Devaney's definition of chaos is the most popular one. Devaney's definition of chaos is meaningfull and consists of three main ingredients. Namely, Density of periodic points, topological transitivity and sensitive dependence on initial conditions. In this work we give a method for the construction of chaotic functions on the closed unit disc. To do this we firstly obtain chaotic functions on higher dimensional cubic regions in Euclidean spaces by using the product techniques which is given in [ND-ŞK]. Then we transform the chaotic functions over the n-dimensional cube to the n-dimensional disc by using the topological conjugacy argument. For the topological conjugacy we consider the standard homeomorphism from n-dimensional cubic region to the unit disc.

Keywords: Chaotic function, Topological conjugacy, Topological transitivity, Periodic point, Sensitive dependence on initial conditions

FAST, ACCURATE AND ROBUST DETERMINATION METHOD FOR CRITICAL TEMPERATURE OF SUPERCONDUCTORS

Muhammed Selman EREL
Ankara Yildirim Beyazit University, Central Research Laboratory Application and Research Center
mserel@ybu.edu.tr

Abstract
Technological developments are inflection points in our life. One of such technologies driving developments is superconductor technologies. This technology is candidate to revolutionize many aspects of our life due to its attractive properties. One of the most important properties is Zero-DC electrical resistivity. In superconductor applications, zero electrical resistivity (infinite electrical conductivity) is utilized. The most significant figure of merit for superconductors is critical temperature, T_c. Below the critical temperature, material exhibits superconductive behaviour; at temperatures upper than T_c, material behaves as non-superconductive. Scientists are in race to discover materials having T_c as high as possible in order to utilize it in room-temperature level and reduce the cooling power consumption as much as possible. This work proposes a method to determine T_c of superconductors wisely and strongly. In this work, other determination methods are compared. Beside of T_c determination, a new figure of merit for superconductors is introduced. Scientists in race are encouraged to search materials having not only high or even ultra high critical temperature but also high stability and high quality factor. Also, introduced term will determine performance of future superconductor applications.

Keywords: Superconductor; Critical Temperature; High-T_c, Q-factor

THE IMPORTANCE OF SOCIAL MEDIA IN THE FOOD MARKET

Belisa Korriku
University of Agriculture in Nitra, Faculty of Economics and Management, Department of Marketing
belisakorriku@hotmail.com

Azeta Tartaraj
University "Aleksander Moisiu", Faculty of Business, Department of Marketing
azetatartaraj@yahoo.co.uk

Elena Horska
Slovak University of Agriculture, Nitra, Faculty of Economics and Management, Department of Marketing
elena.horska@gmail.com

Özet
Social Media has once again proven that it is a fundamental business objective for companies who want to increase their brand exposure. In the food industry this is no different. The world over, social media is being utilised by the business world as an effective marketing tool for connecting with their customers. Social networking websites such as Twitter, Facebook and YouTube have rapidly grown in popularity creating online communities made up of people with shared interests. The trend has been supported by development in smart phones and mobile enabled websites. From a commercial stand point companies are embracing social media, with many operating online marketing strategies. Although most agree that businesses should utilise social media for marketing purposes, there is little agreement on what this should involve and how it can be made to work successfully, illustrated by a selection of industry quotes. Many of the strategies undertaken to date have placed a strong emphasis on connecting with customers, such as through posting updates regarding corporate activities, sharing information and resources and product marketing via competitions. Advertising via social media (e.g. via apps or photos) is also increasing. Some of the social media pioneers within the food and drinks industry have included PepsiCo, McDonalds, and Starbucks, which encourages consumers to submit new product or marketing ideas.

Anahtar Kelimeler: Social media, food products, marketing

AKRİLİK KALINLAŞTIRICI MONOMER KOMPOZİSYONUNUN SU BAZLI BOYA PERFORMANSI VE REOLOJİSİ ÜZERİNE ETKİSİ

Fidan BAL
Gebze Teknik Üniversitesi, FEN BİLİMLERİ FAKÜLTESİ, KİMYA
fidan.bacaru@dyo.com.tr

Erhan Demirbaş
Gebze Teknik Üniversitesi, FEN BİLİMLERİ FAKÜLTESİ, KİMYA
erhan@gtu.edu.tr

Özet
Bu çalışmada su bazlı boyalarda katkı malzemesi olarak kullanılan alkali çözünebilir emülsiyon (ASE) akrilik kalınlaştırıcının sentezi, karakterizasyonu ve ASE tipi kalınlaştırıcının su bazlı boyalarda performansı ve reolojisi üzerine olan etkileri incelenmiştir. Alkali çözünür emulsiyon sentezinde farklı monomerler ve kullanım oranları denenerek sentez çalışmaları yürütülmüştür. ASE tipik olarak metakrilik asit (MAA) ve etil akrilat (EA) kopolimerinden oluşur. Bu çalışmada etil akrilata alternatif olarak Butil Akrilat (BA) ve 2 Etil Heksil Akrilat (EHA) monomerleri kullanılarak farklı kombinasyonlarda ASE tipi kalınlaştırıcı sentezlendi ve sentezlenen alkali çözünebilir emulsiyonların karakterizasyonlar yapıldı. Karakterizasyonda FT-IR, emülsiyonların boyut dağılımlarını belirlemek için DLS analizi, Tg ve ısıl bozulma davranışını belirlemek için DSC analizi, molekül ağırlığı ve derecesi için GPC kullanılmıştır. Beyaz iç ve dış cephe emülsiyon boyalarda sentezlenmiş ASE kalınlaştırıcı varlığında viskozite ve reoloji davranışını belirlemek için reometre kullanılmıştır. Reoloji davranışı uygun bulunan boyalarla yapılan uygulamalarda yayılma, örtücülük, parlaklık ve beyazlıkları özellikleri incelendi, kalınlaştırıcı tiplerin boya uygulamaları üzerinde performansıda değerlendirilmiştir. Sonuç olarak EA:MAA (60:40) olan çalışma yüksek kayma hızında uygun viskozite profili göstermesinin yanında uygulama performansı ve reoloji değerleri benzerlerinden daha iyi bulunmuştur. BA:MAA ile EHA:MAA (60:40) çalışmalarında düşük kayma hızı ve boya uygulama performansıyla birlikte yüksek viskozite değerlerine sahip olduğu gözlenmiştir. 50:50 ve 60:40 karışım oranlarında istenilen viskozite değerlerine ulaşılamamıştır. EA, BA ve EHA monomerlerinin MAA ile yapılan kombinasyonlarında MAA kullanım oranı 60 olduğunda reaksiyon çok hızlı yürüdüğünden çalışılan oran ürünün performansına olumlu etki göstermemiştir.

Anahtar Kelimeler: ASE, Emülsiyon Polimerizasyonu, Su Bazlı Boya, Reoloji

EFFECT OF ACRYLIC THICKENING MONOMER COMPOSITION ON WATER-BASED PAINT PERFORMANCE AND REOLOGY

Abstract
In this study, the synthesis and characterization of acrylic thickener, which is an alkali soluble emulsion (ASE) used as an additive in water-based paints and the effects of the ASE type thickener on the performance and rheology of water-based paints were investigated. Synthesis studies have been carried out by testing different monomers and usage rates in alkali soluble emulsion synthesis. ASE typically consists of methacrylic acid (MAA) and ethyl acrylate (EA) copolymer. In this study, ASE type thickener was synthesized in different combinations using Butyl Acrylate (BA) and 2 Ethyl Hexyl Acrylate (EHA) monomers as an alternative to ethyl acrylate and characterization of the synthesized alkali soluble emulsions was made. In characterization, FT-IR was used, DLS analysis to determine the size distribution of emulsions, Tg and DSC analysis to determine thermal degradation behavior, GPC for molecular weight and degree. Rheometry was used to determine the viscosity and rheology behavior in the presence of ASE thickener synthesized in white interior and exterior emulsion paints. The properties of spreading, hiding, gloss and whiteness were examined in applications with paints whose rheology behavior was found suitable, and the performance of thickener types on paint applications was evaluated. As a result, the study with EA: MAA (60:40) showed the appropriate viscosity profile at high shear rate, and the application performance and rheology values were found better than the similar ones. In BA: MAA and EHA: MAA (60:40) studies, it was observed that it has high viscosity values with low sliding speed and paint application performance. The desired viscosity values could not be achieved at the mixing ratios of 50:50 and 60:40. In combinations of

EA, BA and EHA monomers with MAA, when the rate of MAA usage is 60, the reaction is very fast, so the rate studied did not have a positive effect on the performance of the product.

Keywords: ASE, Emulsion Polymerization, Water Based Paint, Rheology

SiO2 KATKILI SÜPERHİDROFOBİK PCL YÜZEY ELDESİ

Merve DANDAN DOĞANCI
Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli Meslek Yüksekokulu, Kimya
merwedandan@hotmail.com

Özet
Nanoteknolojinin bir ürünü olan süperhidrofobik yüzeyler endüstride başta kendi kendini temizleyen, sislenmeyi, buzlanmayı ve korozyonu önleyen yüzeyler olmak üzere mikroakışkanlar, biyomedikal cihazlar, su geçirmeyen kumaşlar, paketleme endüstrisi gibi birçok alanda kullanılmakta ve bu alanlara her geçen gün yenileri eklenmektedir. Süperhidrofobik yüzey elde etmede mikro/nano pürüzlülüğü sağlamak üzere polimer matris içerisinde nanopartikül eklenmesi kolay ve düşük maliyetli bir yöntemdir [1]. Polimer/nanopartikül oranı değiştirilerek süperhidrofobisite oranı ayarlanabilmektedir. Katkı maddesi olarak kullanılan inorganik nanopartiküller, polimer yüzeylerin ıslanabilirliğini yüzeyin kimyasal bileşimini ve morfolojisini değiştirerek düzenlerler ki bu da süperhidrofobiklik ve su iticilik elde etmek için önemli bir parametredir [2]. Bu çalışmada biyobozunur ve biyouyumlu polimerlerden biri olan poli(ε-kaprolakton) (PCL) ile çalışılmıştır. Farklı kol sayılarında sentezlenen PCL polimerleri toluen içerisinde çözüldü ve farklı konsantrasyonlarda hidrofobize silisyum dioksit (SiO2) nanopartikülleri ilave edilerek karıştırıldı. Elde edilen karışıma cam slaytlar daldırarak cam üzerine ince film yüzeyler hazırlandı ve daha sonra bu yüzeylerin denge, ilerleyen ve gerileyen temas açıları KSV CAM 100 temas açısı ölçer cihazı ile ve yüzey morfolojiler taramalı elektron mikroskop (SEM) ile belirlendi. Elde edilen yüzeyler 150° den daha büyük temas açısı ile süperhidrofobik özellik göstermektedir.

Referanslar
[1] Gao, N., and Yan, Y. (2012) Nanoscale 4, 2202-2218.
[2] Manoudis, P. N., and Karapanagiotis, I. (2014) Progress in Organic Coatings 77, 331-338.

Anahtar Kelimeler: Süperhidrofobik yüzeyler, SiO2 nanopartikül, PCL

PREPARATION OF SiO2 BASED SUPERHYDROPHOBIC PCL SURFACES

Abstract
Superhydrophobic surfaces, a product of nanotechnology, are used in many fields such as industrial self-cleaning, anti-fog, anti-corrosion, anti-ice surfaces, microfluidics, biomedical devices, waterproof fabrics, packaging industry and new areas are added to these areas every day. Addition of nanoparticles in the polymer matrix is an easy and cost-effective method to achieve micro/nano roughness in obtaining a superhydrophobic surface [1]. The superhydrophobicity can be adjusted by changing the polymer/nanoparticle ratio. The inorganic nanoparticles used as additives ensure the wettability of polymer surfaces by changing the chemical composition and morphology of the surface, which is an important parameter to achieve superhydrophobicity and water repellency [2]. Poly (ε-caprolactone) (PCL), one of the biodegradable and biocompatible polymers, was used in this study. The synthesized PCL polymers with different arm numbers were dissolved in toluene and mixed with hydrophobized silicon dioxide (SiO2) nanoparticles at different concentrations. Thin films surfaces were prepared by dip coating of glass slides to this mixture and then equilibrium, advancing and receding contact angles of the surfaces were measured with KSV CAM 100 contact angle meter equipment and surface morphology was analyzed by Scanning Electron Microscope (SEM). The obtained surfaces show superhydrophobic properties with a contact angle greater than 150°.

References
[1] Gao, N., and Yan, Y. (2012) Nanoscale 4, 2202-2218.
[2] Manoudis, P. N., and Karapanagiotis, I. (2014) Progress in Organic Coatings 77, 331-338.

Keywords: SSuperhydrophobic surfaces, SiO2 nanoparticles, PCL

YILDIZ ŞEKİLLİ SIVI KRİSTAL POLİMERLERİN SENTEZİ ve KARAKTERİZASYONU

Erdinç Doğancı
Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli Meslek Yüksekokulu, Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri
edoganci@kocaeli.edu.tr

Derya DAVARCI
Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya
ddavarci@gtu.edu.tr

Özet
Sıvı kristal polimerler (LCP'ler) sıvı kristallerin ve polimerlerin özelliklerinin biarada olduğu eşsiz malzemelerdir. Sıvı kristal özellik kazandıran mezojenik grupların (kolesterol, izosorbit, mentol vs.) polimer ana zincirinde veya yan grubunda bulunuşuna göre sırasıyla ana zincir ve yan zincir sıvı kristal polimerler adını alır [1]. Son zamanlarda, benzersiz üç boyutlu mimarilere sahip yıldız şeklindeki polimerler, mekanik, reoloji ve yüzey işlevselliğinin kolay kontrolü gibi özel özellikleri nedeniyle araştırmacıların artan ilgisini çekmiştir. [2,3] Yıldız polimerler aynı molekül ağırlıklı ve aynı kompozisyonlu lineer polimerlerle karşılaştırıldığında önemli derecede daha düşük hidrodinamik hacme ve düşük çözelti ve erime viskozitesine sahiptir [4]. Bu çalışmada, farklı uzunlukta esnek gruplara sahip (3, 7 ve 10'lu metilen grupları) ve yan grubunda kolesterol içeren sekiz kollu polihedral oligomerik silsesquioksan (POSS) merkezli yıldız şekilli sıvı kristal poli(metil metakrilat) (PMMA) polimerler sentezlendi. İlk olarak metakriloil klorür ve mezojenik özellik gösteren kolesterol arasında farklı uzunlukta esnek gruplar bağlanarak monomerler elde edildi. Daha sonra klor fonksiyonlu POSS merkez hazırlanarak radikalik polimerizyon yardımıyla POSS merkezli sıvı kristal polimerler elde edildi. Elde edilen yıldız-şekilli sıvı kristal polimerlerin faz yapılarının ve faz geçişlerinin belirlenmesi için diferansiyel taramalı kalorimetri (DSC), polarize optik mikroskopi (POM) ve X-ışını kırınımı (XRD) ölçümleri alındı. Ayrıca FT-IR spektrumları, Jel geçirgenlik kromatografisi (GPC), 1H-NMR ve 13C-NMR spektrumları kullanılarak yapıları aydınlatıldı. Bu çalışma Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından KOU-2017/059 HD nolu proje ile desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sıvı kristal, Yıldız-şekilli, Kolesterol, PMMA, POSS.

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF STAR-SHAPED LIQUID CRYSTAL POLYMERS

Abstract
Liquid crystal polymers (LCPs) are unique materials which combine the features of liquid crystals and polymers. According to the presence of the mesogenic groups (cholesterol, isosorbite, menthol, etc.) in the polymer main chain or side group, the main chain and side chain are called liquid crystal polymers, respectively [1]. Recently, star-shaped polymers having unique three-dimensional architectures have attracted growing attention of researchers owing to their special properties like mechanics, rheology, and easy control of surface functionality [2,3]. Star-shaped polymers have lower Tg and melt viscosity, lower crystalline, smaller hydrodynamic radius owing to their compact in size, and high intensity of end-functional groups compared with linear polymers having similar molecular weights [4]. In this study, eight-armed polyhedral oligomeric silsesquioxane (POSS) cored star-shaped liquid crystal poly(methyl methacrylate) (PMMA) polymers containing cholesterol pendant groups with various lengths aliphatic spacer (3, 7 and 10 methylene groups) were synthesized. Firstly, monomers were obtained by bonding flexible groups of different lengths between methacryloyl chloride and cholesterol having mesogenic properties. Then, chlorine-functional POSS core was prepared and POSS centered liquid crystal polymers were obtained via using radical polymerization. Differential scanning calorimetry (DSC), polarized optical microscopy (POM) and X-ray diffraction (XRD) measurements were taken to determine the phase structures and phase transitions of the obtained star-shaped liquid crystal polymers. In addition, the structures of obtained polymers were examined by using FT-IR spectra, Gel permeation chromatography (GPC), 1H-NMR and 13C-NMR spectra. Financial support for this study from the Scientific Research Projects Unit of Kocaeli University via Grant KOU-2017/059 HD is gratefully acknowledged.

Keywords: Liquid crystal, Star-shaped, Cholesterol, PMMA, POSS.

EĞİRDİR GÖLÜ SEDİMENTİNDE AĞIR METAL FRAKSİYONLARININ İNCELENMESİ

Hakan ŞENÇİMEN
Süleyman Demirel Üniversitesi, Su Enstitüsü, Su Bilimleri Anabilim Dalı
hakansencimen@gmail.com

Bülent KIRKAN
Süleyman Demirel Üniversitesi, Su Enstitüsü, Su Bilimleri
bulentkirkan@sdu.edu.tr

Özet
Türkiye'nin ikinci en büyük tatlı su gölü olan ve bulunduğu bölgede içme suyu, turizm, tarım ve balıkçılık gibi çok amaçlı kullanılmasından dolayı değerli olan Eğirdir Gölü özellikle tarımsal aktiviteler başta olmak üzere insan kaynaklı kirletici etmenler nedeniyle kirliliği her geçen gün artmaktadır. Bu kirlilik kaynaklarının başında ağır metaller önemli bir yer tutmaktadır. Söz konusu kirlilik besin zinciri ile sucul canlılardan insanlara kadar gelebilmektedir. Bu çalışma kapsamında Eğirdir Gölü'nde 8 istasyon belirlenmiştir. Dip sedimenti örnekleri belirlenmiş olan istasyonlardan Eylül 2020 döneminde Eckmann kepçesi kullanılarak alınmıştır. Alınan dip sediment örneklerinin pH, iletkenlik, organik karbon tayini, karbonat tayini, katyon değişim kapasitesi ve organik madde tayini (%) gibi bazı fiziksel parameter değerleri belirlenmiştir. Daha sonra sediment örneklerinde mevcut Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn ağır metalleri 4 farklı kimyasal fraksiyona ayrılarak incelenmiştir. Örneklerde mevcut ağır metallerin kimyasal fraksiyonlarına ayrılmasında Avrupa Birliği Referans Komisyonu (BCR- the European Community Bureau of Reference) tarafından geliştirilen BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır. Fraksiyonlara ayrılarak elde edilen çözeltilerde mevcut ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesinde ICP-OES (İndüktif Eşleşmiş Plazma - Optik Emisyon Spektroskopisi) cihazı kullanılmıştır. Elde edilen analiz sonuçlarına göre örnekleme istasyonlarında belirlenen ağır metaller için risk değerlendirme kodu (RAC) hesaplanmış ve mevcut metallerin risk seviyeleri ortaya konulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre Eğirdir Gölü dip sedimentlerinde risk derecelerinin örnekleme yapılan istasyona bağlı olarak değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Eğirdir Gölü, Sediment, Ağır Metal, Ardışık Ektraksiyon Yöntemi, Risk Değerlendirme Kodu

INVESTIGATION CHEMICAL FRACTIONS OF HEAVY METAL IN THE SEDIMENT OF EĞİRDİR LAKE

Abstract
Egirdir lake for drinking water, tourism, agriculture and fisheries, mainly being used for different purposes is Turkey's second largest freshwater lake. The pollution of Lake Eğirdir is increasing day by day due to human-induced pollutants, especially agricultural activities. Heavy metals have an important place in this pollution resources. The existing pollution can come from aquatic creatures to humans with the food chain. In this study, eight stations were selected in Eğirdir Lake. Sediment samples were taken with Eckmann grab in September 2020. Some physical parameter values such as pH, conductivity, organic carbon determination, carbonate determination, cation exchange capacity and organic matter determination (%) of the bottom sediment samples were determined. Then, heavy metals of Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn present in sediment samples were separated into 4 different chemical fractions and analyzed. The BCR sequential extraction method developed by the European Community Bureau of Reference was used in the separation of the heavy metals present in the samples into chemical fractions. ICP-OES (Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometry) device was used to determine the heavy metal concentrations present in the solutions obtained by fractionation. According to the analysis results, the risk assessment code (RAC) for heavy metals determined at the sampling stations was calculated and the risk levels of the existing metals were revealed. According to the results, it has been determined that the risk levels in the bottom sediments of Eğirdir Lake vary depending on the sampling station.

Keywords: Eğirdir Lake, Sediment, Heavy Metal, Sequential Extraction Method, Risk Assessment Code

ON DIMENSIONS OF SPACES OF MODULAR FORMS

İlker İnam
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü
ilker.inam@bilecik.edu.tr

Kamuran Sevinç
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü
kamuran.5068@hotmail.com

Özet
Modular forms recieve much attention and remain popular for many decades. It is well-known that the space of modular forms for a fixed weight and level is finite dimensional vector space over complex field. Hence it is natural to ask for formuale for dimensions of spaces of modular forms. There are in fact several methods available for computing this dimension. One of the most direct is by using the Riemann–Roch theorem but it is also possible to use, for instance, trace formulas. In this talk, we will present some results on dimensions of spaces of modular forms and give some tables for some weights and levels including half-integral weight modular forms.

Anahtar Kelimeler: Modular forms, half-integral weight modular forms, dimension, Riemann-Roch Theorem.

SULARDAN HUMİK ASİT GİDERİMİ İÇİN ADSORPSİYON YÖNTEMİNİN İNCELENMESİ

Nilüfer HİLMİOĞLU
Kocaeli Üniversitesi, mühendislik, kimya mühendisliği
niluferhilmioglu3@gmail.com

Esra YUMAT
Kocaeli Üniversitesi, mühendislik, kimya mühendisliği
yumatesra@gmail.com

Özet
Su, yeryüzündeki canlıların hayatlarını devam ettirebilmeleri için en temel ihtiyaçtır. Dolayısı ile, bu kaynakların verimli kullanımı günümüzde küresel bir önem arz etmektedir. Yüzey sularında bulunan doğal organik maddeler, içme sularındaki birçok problemin temel nedenidir. Organik maddelerin %50'sinden fazlası humik maddelerden oluşmaktadır . Hümik maddeler, doğadaki bitki ve hayvan atıklarının mikroorganizmalar tarafından parçalanması sonucu hümik ve fülvik asit gibi yapılara dönüşmektedirler. Koagülasyon, adsorpsiyon, iyon değiştirme ve membran prosesleri gibi birçok değişik arıtma teknikleri içme sularından humik asit giderim yöntemi olarak kullanılmaktadır. Koagülasyon prosesleri içme suyu arıtımında kolloidal veya partiküler formda organik ve inorganik kirleticileri gidermek amacıyla uygulanan en yaygın proseslerdir fakat organik madde gideriminde etkisi düşüktür. Adsorpsiyon prosesi ise, işletme ve kullanım kolaylığı sebebiyle sulardan humik asit giderimi için kullanılan arıtma teknolojilerinden biridir. İyon değistirme yüksek kalitede su elde edilebilen oldukça kararlı bir humik asit giderim prosesidir. Membran Prosesi ise, ilk olarak deniz suyundan içme suyu elde edilmesinde uygulanmaya başlanmıştır. Daha sonra fabrika atık sularının arındırılması için etkili bir yöntem olmuştur. Literatürdeki çalışmalardan örnekler verecek olursak; adsorpsiyon denge çalışmaları, kitosan için pH 3.07'de ve 25 dakikalık bir temas süresi kullanılarak ve sabit bir kitosan ağırlığı (0.100 g) , hümik asitin 0-80 ppm aralığında değişen başlangıç konsantrasyonu ile gerçekleştirilmiştir. Hümik asit adsorplama miktarı ise 28.88 mg / g (270C) bulunmuştur. Bir diğer çalışmada ise koagülant olarak FeCl3 30 mg/L, giriş humik asit konsantrasyonu ise 20 mg/L olarak belirlenmiş ve optimum çalışma şartları pH 5 olarak tespit edilmiş ve humik asit giderim verimi % 94 olarak bulunmuştur. Bu çalışmada sulardan humik asit giderim yöntemleri arasında adsorpsiyon yönteminin yeri incelenmiştir. Adsorpsiyon yönteminde anahtar rol alan adsorban maddeler araştırılmıştır. Yapılacak deneysel çalışmalar için adsorban seçiminde önemli olan faktörler belirlenmiştir. En iyi giderim oranı eldesi için gerekli parametreler seçilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Koagülasyon, Adsorpsiyon, İyon Değiştirme, Membran Prosesleri, Humik Asit

INVESTIGATION OF ADSORPTION METHOD FOR HUMIC ACID REMOVAL FROM WATER

Abstract
Water is the most basic need for living things on earth to survive. Therefore, efficient use of these resources is of global importance today. Natural organic substances found in surface waters are the root cause of many problems in drinking water. More than 50% of organic substances consist of humic substances. Humic substances turn into structures such as humic and fulvic acids as a result of the breakdown of plant and animal wastes in nature by microorganisms. Many different treatment techniques such as coagulation, adsorption, ion exchange and membrane processes are used as humic acid removal method from drinking water. Coagulation processes are the most common processes used in drinking water treatment to remove organic and inorganic pollutants in colloidal or particulate form, but have a low effect on organic matter removal. Adsorption process is one of the treatment technologies used for humic acid removal from water due to its ease of operation and use. Ion exchange is a highly stable humic acid removal process that produces high quality water. Membrane Process was firstly applied to obtain drinking water from sea water. Later, it became an effective method for treating factory waste water. If we give examples from the studies in the literature; Adsorption equilibrium studies were performed for chitosan at pH 3.07 and using a contact time of 25 minutes and with a constant weight of chitosan (0.100 g), the initial concentration of humic acid ranging from 0-80

ppm. Humic acid adsorption amount was found to be 28.88 mg / g (270 C). In another study, FeCl3 as a coagulant was determined as 30 mg / L and the input humic acid concentration as 20 mg / L, and optimum working conditions were determined as pH 5 and humic acid removal efficiency was found to be 94%. In this study, the place of adsorption method among humic acid removal methods from water was investigated. Adsorbents that play a key role in the adsorption method have been investigated. The factors that are important in the selection of the adsorbent for the experimental studies have been determined.

Keywords: Coagulation, Adsorption, Ion Exchange, Membrane Processes, Humic Acid

ALJİNAT HİDROJELLERİNİN TERMAL BOZUNMA MEKANİZMASININ ANALİZİ

Hakan Kaygusuz
Altınbaş Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü
hakan.kaygusuz@altinbas.edu.tr

Özet
Hidrojeller, kuru formlarında bile önemli miktarda suyu nem olarak tutarlar ve az miktarda ısıl işlemde bile kütle kaybedebilirler. Aljinat, yaygın biyopolimer hidrojeller arasındadır ve çeşitli uygulamalarda kullanılır. Yara örtülerinden, gıda katkı maddelerine ve ilaç dağıtım sistemlerine çeşitli uygulamaları vardır. Ayrıca, bu polimerin termal bozunmaya dayalı yeni yeşil sentez yöntemlerinde kullanılabileceği gösterilmiştir. Bu nedenle, bu hidrojelin termal davranışını ve bozunma mekanizmasını karakterize etmek önemlidir. Bu çalışmada, kalsiyum ve seryum çapraz bağlı hidrojellerin termal bozunma mekanizması termogravimetrik analiz kullanılarak analiz edilmiş, bozunma basamakları incelenmiştir. Buna ek olarak, çeşitli uygulamalar için katkı maddelerinin etkisini görmek amacıyla inorganik bir nanoparçacık katkı maddesi içeren hidrojellerle de ilk defa karşılaştırılmıştır. İlginç bir sonuç olarak nanoparçacık katkısının buradaki bozunmayı 50 °C kadar geriye attığı gözlenmiş, bunun da artan yüzey alanı neticesinde ısının homojen dağılımıyla ilgisi olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Termal analiz, aljinat, hidrojel, nanoparçacık

ANALYSIS OF THE THERMAL DEGRADATION MECHANISM OF ALGINATE HYDROGELS

Abstract
Hydrogels hold a significant amount of water even in their dry forms as moisture and can lose mass even in a small amount of heat treatment. Alginate is among the common biopolymer hydrogels and used in various applications: From wound dressings to food additives and drug delivery systems. Moreover, it is shown that this polymer can be used in novel green synthesis methods based on thermal degradation. Therefore, it is important to characterize the thermal behavior and degradation mechanism of this hydrogel. In this study, the thermal degradation mechanism of calcium and cerium crosslinked hydrogels was analyzed using thermogravimetric analysis. The results were also compared to the hydrogels containing an inorganic nanoparticle additive in order to see the effect of dopants for various applications, for the first time. As an interesting result, it has been observed that the nanoparticle additive changes the degradation temperature by -50 °C, which can be related to the homogeneous distribution of heat as a result of the increased surface area.

Keywords: Thermal analysis, alginate, hydrogel, nanoparticle

DENEYSEL TASARIM YÖNTEMLERİ İLE BİR SANTRİFÜJ POMPA ÇARKINDA DENGELEME DELİĞİ OPTİMİZASYONU

Selahattin SEFACI
Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü
s.sefaci@sempapompa.com

Osman BABAYİĞİT
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü
obabayigit@kmu.edu.tr

Saim KOÇAK
Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü
skocak@ktun.edu.tr

Özet
Santrifüj pompalarda oluşan eksenel kuvvetler, pompa çarkı ve kendisine bağlı olan pompa ekipmanlarını pompanın emme tarafına itmeye zorlamaktadır. Bu durum pompa yataklarında aşırı ısınmaya ve rulmanların ömrünün azalmasına neden olmaktadır. Pompalarda eksenel kuvvetleri dengelemek ve rulman ömrünü artırmak amacıyla uygulanan yöntemlerden biri pompa çarklarına dengeleme delikleri açılmasıdır. Bu yöntemle eksenel kuvvetlerde azalma elde edilirken kayıp kaçak oranını artırması nedeniyle pompa verimi olumsuz etkilenmektedir. Santrifüj pompalarda yüksek enerji tüketim maliyeti oluşması sebebiyle, pompa verimi büyük öneme sahiptir. Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde dengeleme deliklerinin pompa verimini azaltan yönde etki ettiği görülmektedir. Bu nedenle dengeleme deliği uygulamalarında eksenel kuvvet ve pompa verimi birlikte değerlendirilmelidir. Bu çalışma Selahattin SEFACI'nın yüksek lisans tezi kapsamında gerçekleştirilmiştir ve çalışma için 1480 rpm hız, 350 m³/h debi ve 51 m basma yüksekliğine sahip SEMPA POMPA firmasına ait tek kademeli santrifüj pompa seçilmiştir. Seçilen pompa çarkı üzerinde deneysel tasarım metotu ve Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) kullanılarak dengeleme deliklerinin optimizasyonunun sağlanması amaçlanmıştır. HAD analizleri için Ansys Fluent programı kullanılmıştır. Optimum sonuca ulaşmak amacıyla dengeleme deliklerinin çark içerisindeki konumu, çapı ve adetini belirleyen 4 parametre tespit edilmiş ve Çok Amaçlı Taguchi Metotu kullanılmıştır. Amaç fonksiyonu olarak düşük eksenel yük ve yüksek pompa verimi belirlenmiştir. HAD sonuçları varyans analizi (ANOVA) ve sinyal/gürültü (S/N) oranına göre değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda delik çapının amaç fonksiyonları üzerinde en etkili parametre olduğu, amaç fonksiyonuna göre en uygun modelin; delik çapının, delik merkezi çapının, delik adedinin ve referans konuma göre delik açısının sırasıyla 12 mm, 100 mm, 6 adet ve 0° olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Eksenel Kuvvet, Taguchi, Dengeleme Delikleri, Pompa Verimi, Optimizasyon

BALANCING HOLE OPTIMIZATION IN A CENTRIFUGAL PUMP IMPELLER WITH EXPERIMENTAL DESIGN METHODS

Abstract
Axial forces occurring in centrifugal pumps force the pump impeller and the pump equipment connected to it to push the suction side of the pump. This situation causes overheating in the pump bearings and a decrease in the life of the bearings. One of the methods applied in order to balance axial forces in pumps and to increase bearing life is to make balancing holes in pump impellers. With this method, while reducing axial forces, pump efficiency is adversely affected due to the increase in loss and leakage rate. Pump efficiency is of great importance due to high energy consumption costs in centrifugal pumps. When the studies in the literature are examined, it is seen that the balancing holes affect the pump efficiency in the direction of decreasing. Therefore, axial force and pump efficiency should be evaluated together in balancing hole applications. This study was carried out within the scope of Selahattin SEFACI's master's thesis and a single stage centrifugal pump belonging to SEMPA POMPA company with 1480 rpm speed, 350 m³/h flow rate and 51 m head was

selected for the study. It is aimed to optimize the balancing holes using the experimental design method and Computational Fluid Dynamics (HAD) on the selected pump impeller. Ansys Fluent program was used for CFD analysis. In order to reach optimum results, 4 parameters determining the position, diameter and number of balancing holes in the impeller were determined and the Multi-Objective Taguchi Method was used. Low axial force and high pump efficiency are determined as objective functions. CFD results were evaluated according to analysis of variance (ANOVA) and signal/noise (S/N) ratio. As a result of the studies, it is determined that the hole diameter is the most effective parameter on the objective functions and that the most suitable model according to the objective function; it was determined that hole diameter, hole center diameter, number of holes and hole angle with respect to the reference position are 12 mm, 100 mm, 6 pieces and 0°, respectively.

Keywords: Axial Force, Balancing Holes, Optimization, Pump Efficiency, Taguchi

SURUÇ (ŞANLIURFA) AKTARLARINDA FİTOTERAPİ AMAÇLI SATILAN BİTKİLER

Hasan Akan
Harran Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji
hasanakan1972@gmail.com

Serhan Yalçın
Harran Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji
yalcinserhan63@gmail.com

Özet
İnsanların bitkilerle olan ilişkisi geçmişten beri gelen bir durumdur. İnsanlar açlık, sağlık ve çevreye olan katkısıyla bitkilere yönelmiş zaman içerisinde deneme yanılma yollarıyla hayatımızda büyük önem kazanmışlardır. Türkiye'nin hemen her bölgesinde de özellikle bitkilerden tıbbi otlarla ilgili bilgiler kuşaktan kuşağa aktarılarak gelmiştir Bu çalışma 2019-2020 yıllarında suruç (Şanlıurfa)aktarlarda fitoterapi amaçlı satılan bitkisel ürünlerin tespiti için yapılmıştır. Suruç (Şanlıurfa) bulunan 5 aktar dükkânında araştırma yapılmış olup, 140 bitkinin fitoterapi amaçlı satıldığı tespit edilmiştir. Ayrıca, bu çalışmada fitoterapi amaçlı satılan 84 terkibin muhteviyatı, üretici firmaları, kullanım amaçları ve drogların bilimsel isimleri de tespit edilmiştir. Araştırma yapılan aktarlardaki bitki ve terkiplerin fotoğraflarıda çekilmiştir. Tespit edilen bitki ve bileşimlerin bilimsel isimleri ile yöresel isimlerine de yer verilmiştir.Günümüzde halen bitkisel ilaçlara olan inancını yitirmemiş olan Anadolu insanı, hem doktora gidip modern tıbbın tanı ve tedavisini uygulamakta, hem de bunun yanı sıra bazı hastalıklarda da aktarlardan aldıkları bitkileri koruyucu ve tedavi edici olarak kullanmaktadır

Anahtar Kelimeler: Aktar, Fitoterapi, Suruç (Şanlıurfa), Şifalı Bitkiler

HERBALS SOLD FOR PHYTOTHERAPY PURPOSES IN SURUÇ (ŞANLIURFA)

Abstract
The relationship of humans with plants is a situation that has come from the past. People have gained great importance in our lives through trial and error directed towards plants that are hungry, health and environment. In almost every region of Turkey, especially information transmitted from generation to generation from plants with medicinal herbs Suruc in this study year 2019-2020 (Sanliurfa) transfer is made for the purpose of determining phytotherapy herbal use. Research was conducted at 5 transport sites located in Suruç (Şanlıurfa), and it was determined that 140 plants were sold for phytotherapy. In addition, the purpose and scientific purpose of drugs and drugs have been determined. The photographs of the plants and compositions transferred from the research were also taken. Scientific names and local names of the identified sources are also included. Today, Anatolian people, who still have not lost their faith in herbal medicines, go to a doctor and apply the diagnosis and treatment of modern medicine, as well as use the herbs they buy from herbalists for some diseases.

Keywords: Aktar, Phytotherapy, Suruç (Şanlıurfa), Medicinal Plants

AÇIK KAYNAK KODLU UZAKTAN EĞİTİM YAZILIMINA AİT KURULUM AŞAMALARININ OTOMATİKLEŞTİRİLMESİ

Osman Bedrettin Yüce
Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilişim Sistemleri Mühendisliği
bedrettin.yuce@ogr.sakarya.edu.tr

İsmail Hakkı Cedimoğlu
Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilişim Sistemleri Mühendisliği
cedim@sakarya.edu.tr

Özet
Bu çalışmanın amacı, içinde bulunduğumuz pandemi ortamında önemi artan uzaktan eğitim yazılımlarından açık kaynak kodlu bir örneğinin kurulum aşamalarını otomatikleştirerek elde edilecek zaman kazanımıdır. Birden çok bileşeni bulunan bu yazılımın kurulum aşamaları farklı yaklaşımlar kullanılarak desteklenmiştir. Baştan sona tüm kurulum aşamaları ve yazılıma ait bileşenleri içeren bu çalışmada aynı zamanda kurulum aşamalarının otomatikleştirilmesiyle elde edilen kazanımlar ve zaman tasarrufu ele alınmıştır. Çeşitli betikler kullanılarak otomatik hale getirilen kurulum aşamaları farklı yapılandırma araçları ile desteklenmiştir. Yazılımın ihtiyaç duyduğu kaynak gereksinimi için sektörde bilinen bir bulut sağlayıcı tercih edilmiştir. Bulut üzerinde altyapının oluşturulması kod olarak altyapı yaklaşımıyla desteklenmiştir. Bahsi geçen çalışma birçok üniversitede aktif olarak kullanılmaya başlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Uzaktan eğitim, bulut, açık kaynak, bigbluebutton, ansible, terraform

AUTOMATING THE INSTALLATION STEPS OF OPEN SOURCE DISTANCE EDUCATION SOFTWARE

Abstract
The purpose of this study is to save time by automating the installation steps of an open source sample of distance education software, which has an increasing importance in the pandemic environment we are in. The installation steps of this software, which has multiple components, are supported using different approaches. In this study, which includes all the installation steps and software components from the beginning to the end, the gains and time savings obtained by automating the installation stages are also discussed. The setup steps, which have been automated using various scripts, are supported by different configuration tools. A well-known cloud provider was chosen for the resource requirement of the software. Building the infrastructure on the cloud was supported with the infrastructure as code. The mentioned study has started to be used actively in many universities.

Keywords: Distance learning, cloud, open source, bigbluebutton, ansible, terraform

YERLİ ESTERKUAT BİLEŞİKLERİNİN ALTERNATİF YÖNTEMLERLE SENTEZLENMESİ

Selen Güner
Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya
selen.guner@kalekimya.com

Yıldız Uygun Cebeci
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya
yildiz.cebeci@kalekimya.com

Özet
Yüzey aktif maddeler(surfactant), yüzeyde adsorbe olan ve yüzey aktif ajanları olarak sınıflandıran kimyasal bileşenlerdir. Yüzey aktif malzemeler hidrofilik ve hidrofobik kısımdan oluşur.[1] Anyonik, katyonik, noniyonik ve amfoterik iyon olarak yüzey aktif malzemeler sınıflandırılabilir.[2] Kuaternet yüzeyaktif maddeler, molekül yapısında katyonik yük bulunduran malzemelerdir. Bu yapılarda genellikle uzun hidrofobik karbon zinciri katyonik gruba bağlıdır. Kuaterner amonyum bileşikleri, katyonik yüzey aktif maddelerin önemli bir türüdür.[3] Esterkuatlar, alkanolamiler ile yağ asitlerin esterleşmesi sonucu oluşan esteraminlerin kuartenize edilerek oluşturulur, genel formül yapısı R4N(+)X(-) yapısındadır. R, uzun carbonlu zincirli hidrofobik kısımdır ve R-C(O)O- ya da ROC(O)- ester yapıları oluşur. [1] Proje kapsamında, coco ve palm yağ asitleri ile metildietanolamin ve trietanolamin kullanılarak esteramin sentezlenecektir. Bu sentezlenen esteraminlere, dimetilsülfat kuarternizasyon ajanları eklenerek esterkuat bileşiği sentezlenecektir. Bu sentez iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci reaksiyon yağ asitleri ile alkanolaminleri kullanarak esterleşme reaksiyonu ile esteramin sentezlemek. İkinci reaksiyon ise sentezlenen esteraminlerin kuarternizasyon ajanları kullanarak esterkuatları sentezlemek. Son olarak aynı esteramin ve reaksiyon şarlarında, dimetilsülfat yerine epiklorohidrin kullanarak esterkuat sentezlenencektir. Deneysel parametler doğrultusunda sonuç olarak; -acid değeri, -sabunlaşma sayısı, -iyot değeri -reaksiyon sonucunda oluşan ürünlerin renk, koku, pH gibi fiziksel özellikleri, -oluşan esterkuatların mono, di, tri oranlarına GC'de bakılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Esterkuat, yüzey aktif madde, kuarternet amonyum tuzu, trigliserit.

SYNTHESIS OF NATIVE ESTERQUAT COMPOUNDS WITH ALTERNATIVE METHODS

Abstract
Surfactants are chemical components that adsorb on the surface and can be classified as surface active agents. Surfactants consist of hydrophilic and hydrophobic parts.[1] Surfactants can be classified as anionic, cationic, nonionic and amphoteric ions.[2] Quaternet surfactants are materials that have cationic charge in their molecular structure. Generally, in these structures, the long hydrophobic carbon chain is attached to the cationic group. Quaternary ammonium compounds are the important part of the cationic surfactants.[3] Esteriquates are formed by quartinizing esteramines, that are formed as a result of esterification of alkanolamines and fatty acids. Their general formulas is R4N(+)X(-). R represents the hydrophobic part with long carbon chain and R-C(O)O- or ROC(O)- ester structures occur.[1] During the project, esteramines will be synthesized by using coco and palm fatty acids with methyldiethanolamine and triethanolamine. By adding dimethylsulfate quaternization agents to these synthesized esteramines, the ester compound will be synthesized. This synthesis part will be consisted of two parts. The first reaction is to synthesize esteramine by esterification using fatty acids and alkanolamines and the second reaction is to synthesize esterquates using the quaternization agents of the synthesized esteramines. Finally, esterquat will be synthesized using epichlorohydrin instead of dimethylsulfate in the same esteramine and reaction conditions. As a result, according to experimental parameters, Acid value, saponification number, iodine value, physical properties such as color, odor, pH of the products that are formed as a result of the reaction, and the mono , di , tri ratio of esterquats will be determined with GC

Keywords: Esterquat, surfactant, quaternary ammonium salt, triglyceride.

FULL PAPER PROCEEDINGS

KİMYASAL SİLAHLARDA KULLANILAN SİNİR AJANLARINI TESPİT ETMEYE YÖNELİK DİMETİL METİLFOSFONAT TEMELLİ POTANSİYOMETRİK SENSÖR GELİŞTİRİLMESİ

Ozan Yağmuroğlu
Milli Savunma Bakanlığı
*ozanyagmuroglu@hvkk.tsk.tr,*ORCID: 0000-0002-4703-6313

Özet
Bu çalışmada, moleküler baskılı polimer tekniği kullanılarak sinir ajanlarının tespitini yapmak amacıyla dimetil metilfosfonat temelli potansiyometrik sensör geliştirilmiştir. Sinir ajanlarının molekül yapıları organofosforlu moleküller grubu içerisinde yer almasından dolayı hedef molekül olarak dimetil metilfosfonat seçilmiştir. Geliştirilen sensör, dimetil metilfosfonatın adsorpsiyonu için valide edilmiştir. Moleküler baskılı polimer (MIP), emülsiyon polimerizasyon tekniği ile sentezlenmiştir. Dimetil metilfosfonat polimerizasyonda baskılanacak molekül olarak kullanılmıştır. Dimetil metilfosfonat baskılı polimer hazırlanırken kullanılan çapraz bağlayıcı ise N-Etilen glikol dimetakrilat (EDMA)'dır. Dimetil metilfosfonat baskılanmış polimerler kullanılarak hazırlanan potansiyometrik sensörün performansını değerlendirmek için 0,01-200 ppm arasında dimetil metilfosfonat içeren numuneler kullanılmıştır. Ölçümler sonucunda elde edilen veriler kalibrasyon grafiğine geçirilmiş ve geniş bir lineer aralık (10^{-8}-10^{-3} mol L^{-1}) elde edilmiştir. Regresyon katsayısı 0,9868 olarak bulunmuştur. Yapılan hesaplamalar sonucunda LOD değeri $3{,}2x10^{-8}$ M bulunmuştur. Bu sonuçlar bize göstermektedir ki geliştirilen yöntemle çok düşük miktarlarda dimetil metilfosfonat içeren numunelerinin analizi yapılabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Organofosfatlar, Dimetil metilfosfonat Molekül Baskılanmış Polimer, Potansiyometrik Sensör, Kimyasal Savaş Ajanı

DEVELOPMENT OF DIMETHYL METHYLPHOSPHONATE BASED POTENTIOMETRIC SENSOR FOR DETECTING NERVE AGENTS USED IN CHEMICAL WEAPONS

Abstract
In this study, a dimethyl methylphosphonate based potentiometric sensor was developed in order to detect nerve agents using molecular printed polymer technique. The most important advantages of this technique can be listed as being able to analyze quickly, precisely and at very low concentrations. The developed sensor has been validated for the adsorption of dimethyl methylphosphonate. Molecular printed polymer (MIP) was synthesized by emulsion polymerization. Dimethyl methylphosphonate was used as the molecule to be suppressed in polymerization. While preparing dimethyl methylphosphonate printed polymer, N-Ethylene glycol dimethacrylate (EDMA) was used as crosslinker. Measurements were made to evaluate the performance of the potentiometric sensor prepared using dimethyl methylphosphonate imprinted polymers. The data obtained as a result of the measurements revealed that a potentiometric sensor sensitive to dimethyl methylphosphonate was developed. The developed sensor showed high selectivity, large linear range (10^{-8}-10^{-3} mol L^{-1}) and low detection limit ($3.2x10^{-8}$ mol L^{-1}) to dimethyl methylphosphonate.

Keywords: Organophosphates, Dimethyl methylphosphonate, Molecularly Imprinted Polymers, Potentiometric Sensor, Chemical Warfare Agent

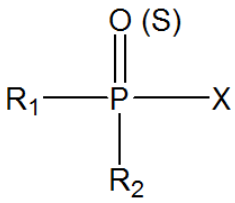
1. GİRİŞ

Kimyasal savaş ajanları; insanları öldürerek veya yaralayarak etkisiz hale getirmek, besin kaynaklarını kirleterek tüketilemez hale getirmek, stratejik tesisleri hedef alarak çalışamaz hale getirmek, askeri ve sivil personeli koruyucu donanım kullanmak zorunda bırakarak hareket kabiliyetini sınırlandırmak amacıyla kullanılan kimyasal maddelerdir. Kimyasal savaş ajanlarının sınıflandırılması yapılırken farklı kriterler göz önüne alınabilir. Etki mekanizmaları ve kullanım şekilleri dikkate alındığında, en önemli kriterler fiziksel hal, toksikolojik özellik ve uçuculuk olarak karşımıza çıkmaktadır.

Kimyasal savaş ajanları, kullanıldıkları bölgede belirli bir süre zarfında etkilerini göstermektedir. Bu süreye bağlı olarak ajanlar, kalıcı ve uçucu olarak ikiye ayrılmaktadır. Kalıcı kimyasal ajanlar, genel itibariyle sıvı haldedir. Sıvı haldeki kimyasallar temas ettikleri bölgeye nüfus ederek, etkilerini daha uzun süre göstermektedir. Temastan sonra, sıvının zaman içerisinde buharlaşması da tehlike yaratmaktadır. Buhar tehlikesi, kullanılan kimyasalın yapısı ve çevresel koşullar göz önüne alındığında uzun süre devam edebilmektedir. Uçucu kimyasal savaş ajanları, genel itibariyle aeresol veya gaz halindedir. Zararlı etkilerini kısa süreliğine göstermektedirler. Yüzeye inemedikleri için yüzey kirliliğine sebep olmazlar.

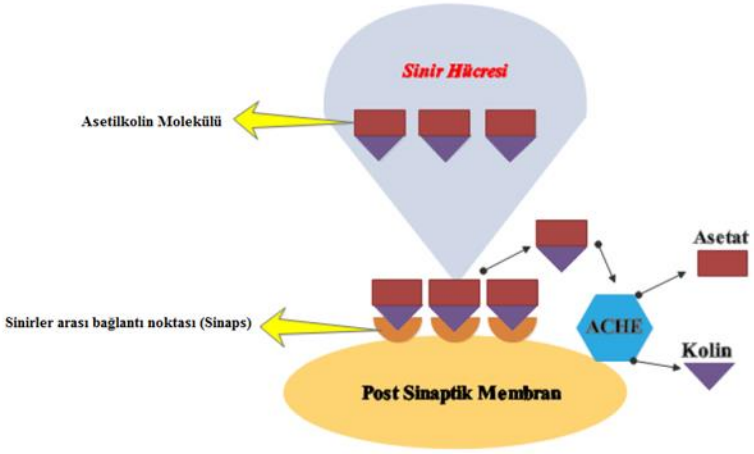
Sinir ajanlarının keşfi, daha etkili pestisit geliştirmek için yapılan çalışmalara dayanmaktadır. Hem pestisitlerin hem de sinir ajanlarının molekül yapıları organofosforlu bileşiklere dayanmaktadır. Pestisitler, tarım ürünlerinin yetiştirilmesi, depolanması ve tüketilmesi sırasında bitkiye ve bitkiyi tüketen canlıya zarar veren haşere ve mikroorganizmaları yok etmek maksadıyla kullanılan kimyasallardır (Selcen,2010). Tarımsal alanda haşere ile mücadelede en yoğun kullanılan yöntem pestisit kullanımdır. Bunun nedeni, pestisitin uygun şekilde kullanıldığında daha etkili ve hızlı sonuç vermesidir. Bu şekilde tarlada yetiştirilen ürününün gelişiminin istenilen şekilde olması sağlanmaktadır (Alsan, 1950; Marrs, 2020; Sunay, 2010). Pestisitler kullanılırken sadece hedef seçilen zararlılara etkili olması istenmektedir. Ancak kullanımları esnasında hava, su ve toprağa karışarak hedefin dışındaki canlılara da zarar verebilmektedirler. Bunun yanı sıra bilinçsiz kullanımdan dolayı da suda, toprakta, bitkisel ve hayvansal besinlerde yüksek oranlarda birikirler (Yağmuroğlu, 2017; Şanlı, 1984).
Pestisitleri, yok etmek için kullanıldıkları parazit çeşitlerine göre ve yapılarındaki kimyasal bileşenlere göre gruplandırmak mümkündür. İnsektisitler, bitki, toprak ve hayvanlarda yaşayan böcekleri yok etme amacıyla kullanılan pestisitlerdir. Akarsitler, örümcek, bit ve kenelere karşı kullanılırken, afisitler ise yaprak bitlerine karşı kullanılır. Rodentisitler; tarımda fare, sıçan ve diğer kemiriciler gibi zararlı hayvanlara karşı kullanılan pestisitlerdir. Fungusitler, mantar ve mantar sporlarının öldürülmesi veya kontrol altına alınması maksadıyla kullanılan pestisitlerdir. Türkiye'de yoğun olarak kullanılmaktadırlar. Herbisitler, tarım alanında yabani otlarla mücadele etmek amacıyla kullanılan bir pestisittir (Öğüt,2012; Gürcan,2001; Kaya,1996).

Hem insektisitlerin hem de sinir ajanlarının molekül yapıları organofosforlu bileşiklere dayanmaktadır (Yağmuroğlu,2017). Organofosforlu bileşikler vücuttaki etkilerini sinir iletisini engelleyerek gösterirler. Bu bileşikler yapıları bakımından genel olarak esterler, amidler ve fosforik asidin tüol türevleridir. Organofosfatlar lipid çözünürlüğe sahiptirler (Jeyretnam,1990). Bundan dolayı deri, mukoza, konjoktiv ve solunum yolları tarafından vücuda alınırlar. Ayrıca hayvan ve insan tıbbında kimyasal ajan veya ilaç olarak sinir sistemi çalışmalarında ve askeri amaçlarla kimyasal savaş ajanı olarak da kullanılmaktadırlar (Kamanyire,2004). Bu grup kimyasallar en yaygın şekilde pestisit, insektisit, akarisit vb. olarak kullanılırlar ve ticari olarak kolayca elde edilebilirler (Sunay,2010;Hıncal,1991). Organofosforlu bileşiklerin genel kimyasal yapıları şu şekildedir; molekülün merkezinde fosfat atomu bulunmakta ve fosfat atomu oksijen veya sülfür ile çift bağ yapabilmektedir. Genel kimyasal yapıda bulunan R1-R2 hidrojen, alkil (siklik yapı dahil), aril, alkoksi, alkiltiyol ve amino gruplarını temsil eder (Karayılanoğlu, 2003). X ise halojenleri, siyano ve tiyol gruplarını ve inorganik-organik asitleri temsil eder. Organofosforlu bileşiklerin genel kimyasal yapısı Şekil 1.'de gösterildiği gibidir.



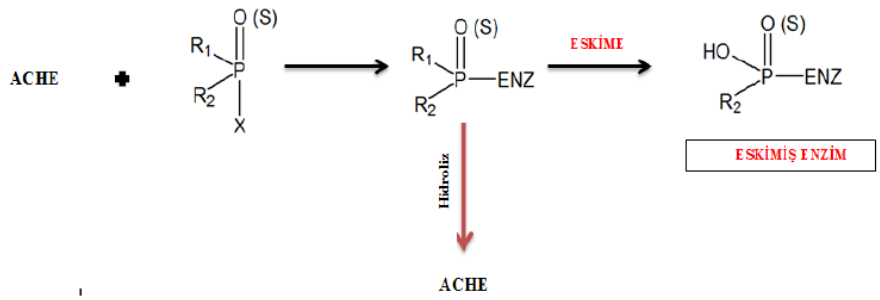
Şekil 1. Organofosforlu bileşiklerin genel kimyasal yapısı

AChE enzimi esteraz ailesine üye bir serin hidrolazıdır. Asetilkolinesteraz enziminin vücuttaki rolü post-sinaptik membran üzerinde bulunan asetilkolini hidrolizleyerek sinyal iletimini sonlandırmaktır. Bu şekilde otonom sinir sisteminin düzgün çalışmasını sağlar. Asetilkolin molekülü ilk tanımlanan sinirsel uyarı iletici moleküldür. Asetik asit ile kolinin esteridir. Asetilkolin molekülü AChE tarafından hidrolize edilerek kolin ve asetik asite parçalanır (Yağmuroğlu,2020;Patocka,2004). Sinir hücrelerinde asetilkolin molekülünün, asetilkolinesteraz (AChE) enzimi tarafından parçalanması Şekil 2'de gösterilmiştir. Asetilkolinesteraz enzimini kodlayan gen, insan gen yapısı içerinde 7. kromozomun q22 bölgesinde bulunmaktadır. 60.000 dalton ağırlığında bir monomerdir. 45x60x65 A°'luk 14 alfa sarmalı tarafından çevrili, elipse benzer şekilde, 12 eğrilmiş, merkezde miks olmuş beta levhasından oluşan dimer veya tetramer halinde bulunan bir moleküldür. Yapısında 537 amino asit içeriğine sahip alfa/beta protein bulunmaktadır. Dizinin N terminalinde aspartik asit (Asp)1, C terminalinde ise Sistein (Cys)537 yer alır (Patocka,2005;Diltemiz,2019).



Şekil 2. Sinir hücrelerinde asetilkolin molekülünün, asetilkolinesteraz (AChE) enzimi tarafından parçalanması

Organofosforlu bileşikler vücuttaki etkilerini asetilkolin esteraz enziminin inhibisyonu üzerinden göstermektedir. OPB'ler AChE (Asetilkolinesteraz) enziminin aktif bölgesinde bulunan serin amino asitine bağlanarak enzim tarafından hidrolize edilirler. Böylece enzimin aktif bölgesi fosforillenmiş olur (Dragonov,2004). AChE enzimi ile OPB'ler arasındaki reaksiyon iki basamakta gerçekleşir. Öncelikle geri dönüşümlü enzim-inhibitör kompleksi oluşur (Bajgar,2004). Bu kompleksin oluşum hızı organofosforlu bileşiğin yapısına, molekül büyüklüğüne ve alkil gruplarına bağlıdır. Geri dönüşümlü kompleks oluşumundan sonra yapıdaki alkil grubunun –OH ile yer değiştirmesi sonucu geri dönüşümsüz kompleks meydana gelir. Bu olay eskime olarak adlandırılır. Bu olay Şekil 3'de gösterilmiştir.

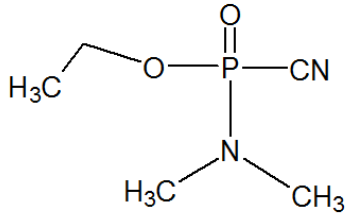


Şekil 3. Organofosforlu bileşikler ile AChE arasındaki reaksiyon

Sinir ajanları, ilk kez II. Dünya Savaşı'dan önce geliştirilmeye başlanmıştır. II. Dünya Savaşı esnasında ve sonrasında yeni ve daha etkili ajanlar üretmek için çalışmalar artarak devam etmiştir. İlk bulunan sinir ajanı tabundur. İlerleyen yıllarda ise sarin, soman ve VX ajanları geliştirilmiştir. Bilinen bazı sinir ajanlarını aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür:

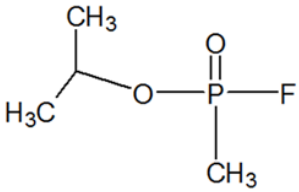
- Tabun (GA)
- Sarin (GB)
- Soman(GD)
- Siklosarin (GF)
- VX
- VR-55
- Goman
- TGD

Tabun (GA) sıvı halde bulunmaktadır. Kahverengi veya renksiz olabilmektedir. Buhar hali renksizdir. Vücuda ilk girişi solunum sistemi ile olmaktadır. Eğer vücuda deri tarafından emilerek veya sindirim yoluyla girerse etkileri daha fazla olmaktadır. Tabunun molekül yapısı Şekil 4'de gösterilmiştir.



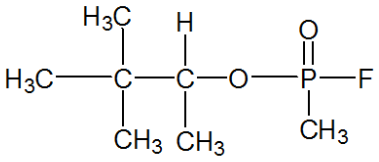
Şekil 4. Tabunun molekül yapısı

Sarin (GB), sıvı hali ve buhar hali renksiz olan bir kimyasaldır. Hem renksiz hem de kokusuz olması sebebiyle varlığının anlaşılması oldukça zordur. Vücuda nüfuz ettikten sonraki ilk etkisi solunum yolu üzerinde olmaktadır. Ölüm solunum durmasına bağlı olarak meydana gelmektedir. Sarin, G sinir gazları (Tabun,Sarin,Tabun) içerisinde uçuculuğu en fazla olan kimyasaldır. Toprak bir zemin üzerinde, 10 ^{0}C sıcaklıkta 2 saat içerisinde buharlaşabilmektedir. Sarinin molekül yapısı Şekil 5'de gösterilmiştir.



Şekil 5. Sarinin molekül yapısı

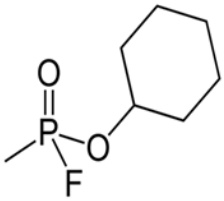
Soman (GD), sıvı halde bulunan renksiz bir kimyasaldır. Saf haldeki soman, meyve kokusuna benzer bir kokuya sahiptir. Vücuda girdikten çok kısa bir süre sonra etkisini göstermeye başlamaktadır. Solunumun durmasına neden olmakta ve bu şekilde ölüm gerçekleşmektedir. G sinir ajanları içerisinde, öldürücü etkisi en yüksek olan kimyasal ajandır. Somanın molekül yapısı Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. Somanın molekül yapısı

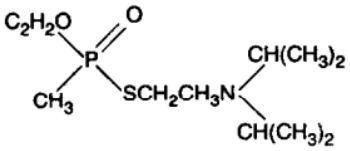
Siklosarin (GF), sıvı halde bulunan, şeftali kokusuna sahip bir kimyasal savaş ajanıdır. Vücuda esas olarak solunum yolu vasıtasıyla girer. Cilt ve sindirim sistemi yardımıyla vücuda nüfuz ettiğinde etkilerini daha hızlı göstermektedir. Kalıcılığı sarine kıyasla 20 kat daha fazladır. G sinir ajanları,

öncelikle solunum yolunu kullanarak vücuda girdiklerinden, kimyasal silahlarda gaz formunda kullanılırlar. Siklosarinin molekül yapısı Şekil 7'de gösterilmiştir.



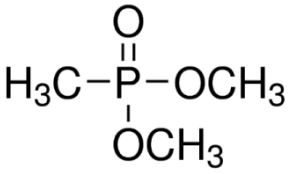
Şekil 7. Siklosarinin molekül yapısı

VX, sinir sistemini etkileyen kimyasal ajanlar arasında en ölümcül olanıdır. Oda koşullarında sıvı halde bulunan VX, renksiz ve kokusuzdur. Vücut üzerindeki etki mekanizması sarine benzemektedir. Düşük uçuculuğa sahip olmasından dolayı, kullanıldığı yerde uzun süre kalarak etkisini devam ettirebilmektedir. Solunum yoluyla alındığı takdirde sarinden çok daha fazla ölümcüldür. Ciltten nüfuz ettiğinde, zararlı etkisi daha da artmaktadır. Günümüze kadar geliştirilen kimyasal ajanlar arasında en tehlikelilerindendir. Özellikle soğuk iklimde donmadan kalabilmesi göz önüne alındığında, meteorolojik şartlardan etkilenmediği söylenebilir. VX'in molekül yapısı Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 8. VX'in molekül yapısı

Dimetil metilfosfonat kimyasal formül $CH_3PO(OCH_3)_2$ olan bir organofosfor bileşiğidir. Molekül ağırlığı 124,08 g/mol'dür. Sinir ajanlarına karşı üretilen koruyucu ekipman ve tespit/teşhis sistemlerinin performans testlerinde sarin simulantı olarak kullanılmaktadır. Molekül yapısı Şekil 9'da gösterilmiştir.

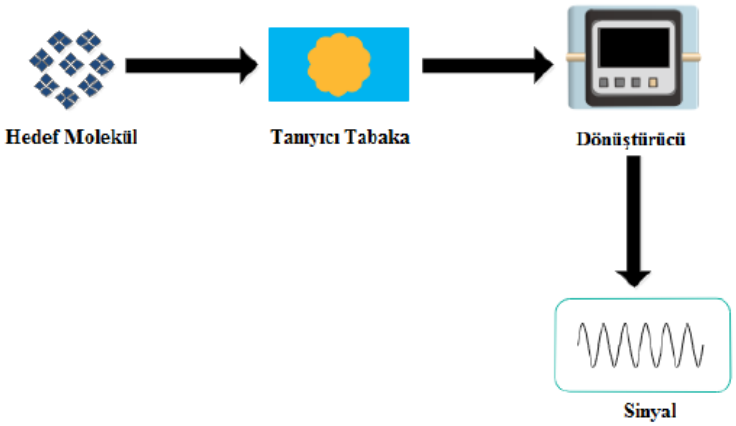


Şekil 9. Dimetil metilfosfonatın molekül yapısı

Belirli bir ölçülene karşı yanıt olarak kullanılabilecek veri sağlayan cihazlara genel olarak sensör denilmektedir. Sensörler fiziksel bir parametreyi uygun sinyale dönüştürürler. Sensör ve dönüştürücü terimleri genellikle birbirlerinin yerine kullanılırlar. Ancak dönüştürücüler giren enerjiyi başka bir enerji formuna dönüştüren cihazları, sensörler ise farklı enerji biçimlerini elektrik enerjisine çeviren cihazları temsil eder. Terimler arasındaki bu karışıklığı gidermek amacıyla 1969 yılında ISA(Instrument Society of America) bu iki terimi eş anlamlı kabul etmiştir. İkisini de ortak bir ifadeyle şöyle tanımlamıştır: "ölçülen fiziksel özellik, miktar ve koşulların kullanılabilir elektriksel miktara dönüştüren bir araç." İnsan vücudu da çeşitli doğal sensörlere ev sahipliği yapmaktadır.

Örneğin duyu organlarımızın her birisi birer sensör olarak düşünülebilir. Dış dünyadan alınan sinyal algılayıcı organ tarafından yakalanır, ardından dönüştürücü olarak düşünebileceğimiz beyne iletilir. Beyinden elde edilen veriler ise kas sistemi, iskelet sistemi gibi ilgili birimlere gönderilir.

Sensörler ölçüm yaptıkları çevreye göre de değerlendirilebilir. Bazı sensörler ölçüm yaparken dışardan enerjiye ihtiyaç duyarken bazıları ise enerjiye ihtiyaç duymazlar. Bu şekilde bakıldığında sensörler aktif ve pasif sensörler olarak sınıflandırılabilir. Aktif sensörler çalışılan çevreden enerji alırken, pasif sensörler enerji almazlar. Sensörlerin genel olarak çalışma prensibi Şekil 10'da gösterilmiştir.

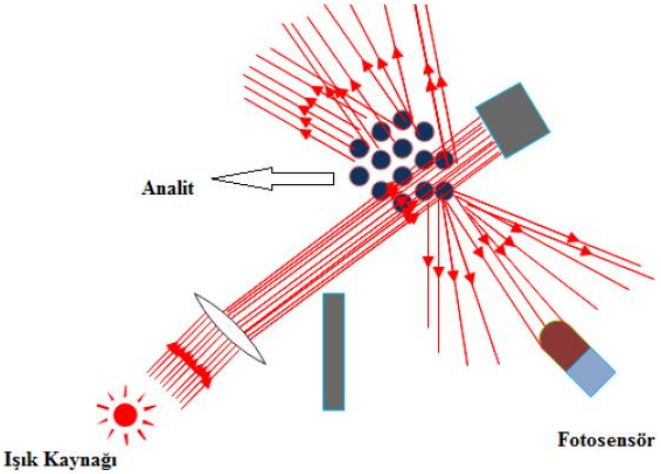


Şekil 10. Sensörlerin çalışma prensibi

Kimyasal sensörler numune içerisindeki analitin derişimine bağlı olarak elde ettikleri kimyasal bilgiyi sinyale dönüştüren sensör sistemleridir. Elde edilen kimyasal bilgi analitin sensör yüzeyinde girdiği bir reaksiyon aracılığıyla veya ortamın değişen fiziksel özellikleri yardımıyla elde edilebilir. Kimyasal sensörler algılayıcı kısmının özelliklerine göre sınıflandırılabilir (Setter,2002).

Kimyasal reaksiyonun olmadığı sadece ortamdaki fiziksel değişimlerden yararlanarak ölçüm yapılan kimyasal sensörler mevcuttur. Bu tarz kimyasal sensörlerde absorbans değişimi, refraktif indeks, iletkenlik, sıcaklık ve kütle değişimi ölçülmektedir. Analit ortamı ile algılayıcı tabaka arasındaki reaksiyon sonucu meydana gelen değişikliklerden yararlanarak ölçüm yapılabilir (Skoog,1990). Bu sensörler kimyasal ilkeye dayalı kimyasal sensörler olarak adlandırılabilirler. Algılayıcı tabakada biyolojik bir molekülün olduğu ve meydana gelen sinyalin biyokimyasal bir süreç sonucunda elde edildiği kimyasal sensörlere ise biyokimyasal sensör (biyosensör) denilmektedir (Donduemacıoğlu,2011;Hulanicki,1991).

Kimyasal sensörler dönüştürücü kısmının çalışma prensibine göre sınıflandırılabilir. Algılayıcı kısım ile numune içerisinde bulunan analit arasındaki etkileşim sonucunda optik olaylardaki değişimi anlamlı verilere dönüştüren optik cihazlar mevcuttur. Bu cihazlar; analit ile algılayıcı tabaka arasındaki etkileşim sonucunda meydana gelen absorbans değişimini, algılayıcı yüzeye analitin bağlanmasından dolayı değişen reflektansı, ortamda meydana gelen kimyasal reaksiyon sunucu oluşan limünesansı, analit ortamında meydana gelen emisyon değişiminden kaynaklı floresansı, numune ortamının değişmesiyle değişen kırılma indeksini, ışık absorpsiyonunun neden olduğu optotermal etkiyi ve numunedeki parçacıklardan oluşan saçılmayı ölçerler. Optik kimyasal sensörlerde çoğunlukla optod adı verilen elektrot benzeri cihazlar kullanılır. En önemli avantajı bir referansa ihtiyaç duymamasıdır. Bu özelliğinden dolayı fiber optiklerde kullanılır. Optik sensörün çalışma prensibi en basit şekliyle Şekil 11'de verilmiştir.

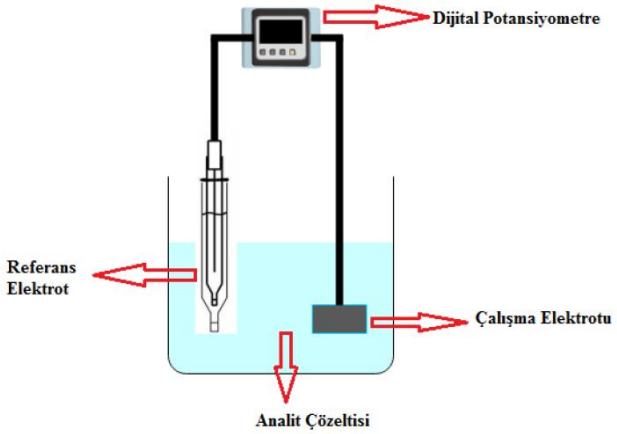


Şekil 11. Optik sensörlerin çalışma prensibi

Kimyasal sensör siteminde kimyasal bir değişimi doğrudan elektrik verisine dönüştüren sensörlere elektrokimyasal sensör denilmektedir. Voltametrik sensörlerde doğru akım veya alternatif akım ortamında akım ölçümü yapılmaktadır. Voltametrik sensör grubuna inert, aktif, modifiye elektrotlar ile dışardan akım alan veya almayan sensörlerde dahildir.

Potansiyometrik sensörlerde, referans elektroda göre çalışma elektrodundaki potansiyel değişimi ölçülmektedir. Elektrotun daldırıldığı çözeltide bulunan analit iyonlarının elektrot yüzeyinde potansiyel oluşturması ilkesine dayanmaktadır. Oluşan potansiyel değeri çözeltideki analit iyonlarının sayısı ile orantılıdır. Kondüktometrik sensörlerde sabit voltajda bir çözeltideki reaksiyon sonucunda oluşan elektriksel iletkenlikteki değişim ölçülür. Kimyasal sensör sistemlerinde algılama biriminin bir analiti adsorplaması sonucu kütlede meydana gelen değişimin ölçümüne dayanan cihazlara kütle sensörleri denilmektedir. Aynı zamanda mikrogravimetrik sensörler olarakta bilinmektedirler. Bu tip sensörlerde elektrot biriminde kuvars gibi piezoelektrik kristaller kullanılmaktadır.

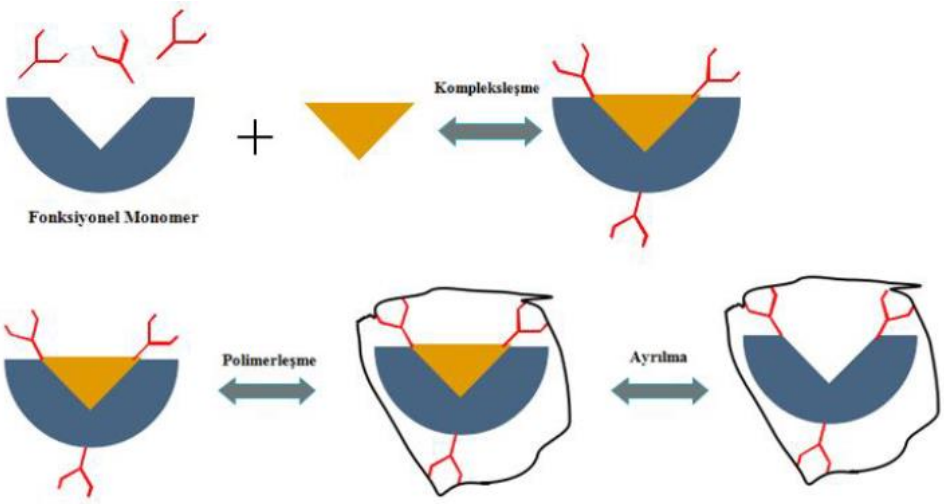
Elektrokimyasal hücrelerde potansiyel ölçerek numune analizi yapılan yöntemlere genel olarak potansiyometrik yöntemler denilmektedir. Bu yöntemde sistemden akım çok az geçer veya hiç geçmez. Bu şartlar altında ortamdaki analit konsantrasyonuna bağlı olarak çalışma elektrotunun referans elektrota karşı değişen potansiyelinin ölçüldüğü sistemlerdir. Potansiyometrik analiz yapılan sistemlerin üç temel üyesi vardır. Bunlar; çalışma elektrotu, referans elektrot ve potansiyel ölçüm cihazıdır. Basit bir potansiyometri devresi Şekil 12'de verilmiştir.



Şekil 12. Potansiyometrik sistem

Moleküler baskılama tekniğinde hedef molekülün etrafı bir polimer ile sarılır. Çapraz bağlı monomerler hedef molekülün etrafında polimerleşirler. Monomerler ile hedef molekül arasındaki kimyasal etkileşim sonucunda kompleks meydana gelmektedir. Polimerleşme işleminden sonra hedef molekül ortamdan uzaklaştırılır. Böylece polimerin içerisinde molekül ile aynı boyutsal özelliklere sahip bir kalıp elde edilir. Elde edilen kalıp hedef molekülü seçici olarak tekrar bağlayabilen polimerik bir bellek gibi davranmaktadır. Moleküler baskılama yöntemi 3 aşamadan meydana gelmektedir. Bunlar; ön kompleksleşme, polimerizasyon ve hedef molekülün uzaklaştırılmasıdır. Ön kompleksleşme basamağında fonksiyonel monomer ile hedef molekül arasında bağlanma gerçekleştirilir. Bu işlem için hedef molekülün üç boyutlu yapısı ve kimyasal özellikleri belirleyici rol oynamaktadır.

Polimerizasyon basamağında monomer kalıp kompleksi uygun bir çapraz bağlayıcı yardımıyla polimerleştirilir. Son basamakta ise hedef molekül kalıp oluşturulması maksadıyla polimerden uzaklaştırılır. Bu işlem için uygun bir yıkama prosedürü uygulanır. Moleküler baskılı polimer eldesinde uygulanan işlemlerin şematik gösterimi Şekil 13'de verilmiştir.



Şekil 13. Moleküler baskılı polimer hazırlama aşamaları

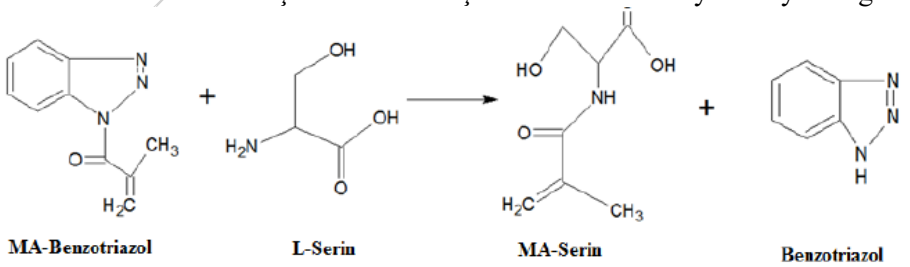
Bu çalışmada, moleküler baskılı polimer tekniği kullanılarak sinir ajanlarının tespitini yapmak amacıyla dimetil metilfosfonat temelli potansiyometrik sensor geliştirilmiştir. Bu tekniğin en önemli avantajları hızlı, hassas ve çok düşük konsantrasyonlarda analiz yapabilme olarak sıralanabilir. Ölçümler sonucunda elde edilen veriler, dimetil metilfosfonata duyarlı bir potansiyometrik sensörün geliştirildiğini ortaya koymuştur. Geliştirilen sensör yüksek seçicilik, büyük lineer aralık (10^{-8}-10^{-3} mol L^{-1}) ve dimetil metilfosfonata düşük tayin limiti ($3,2x10^{-8}$ mol L^{-1}) göstermiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Çalışmalarda kullanılan tüm kimyasallar Sigma-Aldrich (St. Louis, USA) firmasından temin edilmiştir. Saf su elde etmek için Thermo Scientific Barnstead™ Smart2Pure™ saf su cihazı kullanılmıştır. Kullanılan saf suyun iletkenliği 18 megaohmcm^{-1}'dir.

2.1. N-Metakriloil-(L)-Serin (MA-Serin) Monomerinin Sentezi

N-metakriloil-(L)-Serin sentezi için uygulanan yöntemde; öncelikle 0,56 g L-Serin alınarak üzerine 1N NaOH çözeltisinden 5,5 mL eklenmiştir. Daha sonra hazırlanan çözelti üzerine 10 mL saf su eklenerek 10 dakika boyunca manyetik karıştırıcıda karıştırmaya bırakılmıştır. Bu işleme paralel olarak 1 g metakriloil benzotriazol (MA-Bt) alınıp 20 mL 1,4-dioksan içinde karıştırılarak çözülmüştür. Metakriloil benzotriazolün 1,4-dioksan içerisinde çözülerek hazırlanan çözeltisi, ilk başta hazırlanan L-Serin çözeltisine damla damla eklenmiştir. Bu esnada Şekil 14'deki reaksiyon meydana gelmiştir.



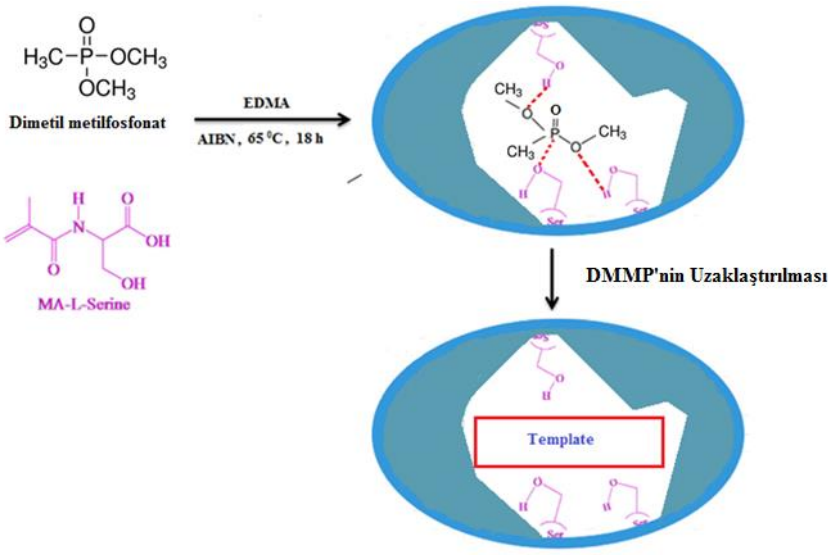
Şekil 14. MA-Serinin sentez reaksiyonu.

Reaksiyonun tamamlanıp tamamlanmadığı kağıt kromatografisi yardımıyla belirlenmiştir. Reaksiyon tamamlandıktan sonra deney ortamındaki 1,4-dioksan uçurularak uzaklaştırılmıştır. Uzaklaştırma işleminden sonra ekstraksiyon aşamasına geçilmiştir. Ekstraksiyonda çözücü olarak etilasetat kullanılmıştır. Ortamdaki benzotriazol, etilasetat fazında kalırken, su fazında MA-Serin kalmaktadır. Su fazı ortamdan ayrılır ve üzerine pH 5-6 oluncaya dek hidroklorik asit ilave edilir. Son olarak ortamdaki çözücü buharlaştırılıp MA-Serin elde edilmiştir.

2.2. Dimetil metilfosfonat Baskılı Polimer Hazırlanması

5 mmol MA-Serin çözeltisinden 500 µL hazırlanmıştır. Bu çözeltinin üzerine 5 mL metanol eklenerek 10 dakika boyunca karıştırılmıştır. Karıştırma işleminden sonra 9 mmol'lük EDMA(Etilendiamin tetraasetik asit) çözeltisinden 1,702 mL, 80 µL hekzadekan ve 80 mg AIBN eklenerek 10 dakika karıştırma işlemine tabii tutulmuştur.

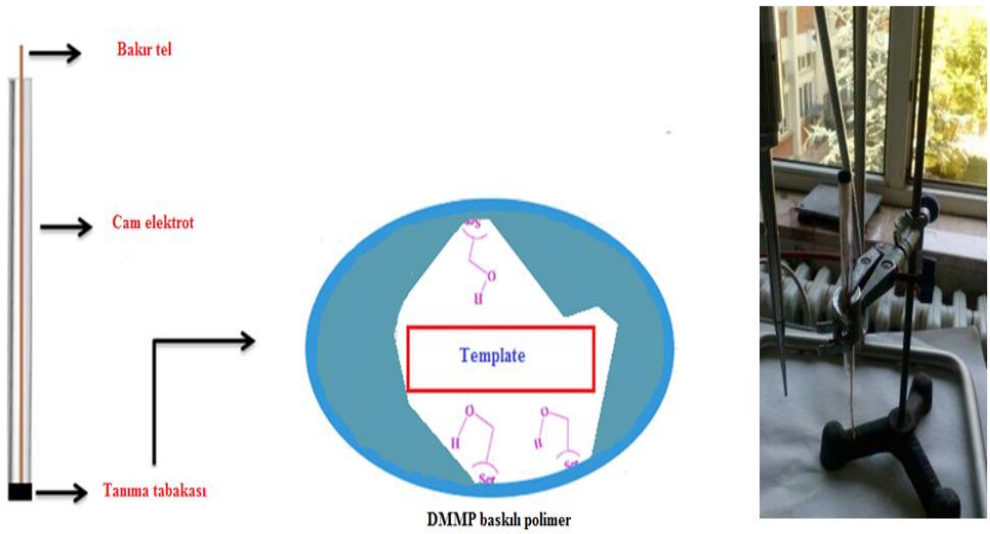
Hazırlanan bu çözelti organik faz olarak adlandırılmaktadır. Bu işleme paralel olarak 0,5 mmol dimetil metilfosfonat (DMMP) çözeltisinden 1 mL hazırlanmıştır. 38,5 mg SDS(Sodyum dodesil sülfat) 13 mL suda çözüldükten sonra üzerine dimetil metilfosfonat ilave edilmiştir. 15 dakikalık süre boyunca çözelti karıştırıcıya konulmuştur. Hazırlanan bu çözelti su fazı olarak adlandırılmaktadır. Organik fazın üzerine su fazı ilave edilerek 1 dakika boyunca ultrasonik banyoda bekletilmiştir. Son elde edilen çözelti polimerleşme reaksiyonu için 18 saat süreyle 65 ºC'lik su banyosunda bekletilmiştir. Su banyosundan alınan çözelti santrifüjlenerek dimetil metilfosfonat baskılı polimer ortamdan alınmıştır. Alınan polimer 3 kez saf su ile 3 kez de etanol ile yıkandıktan sonra 1 gün boyunca kurumaya bırakılmıştır. Uygulanan işlemlerin şematik gösterimi Şekil 15'de sunulmuştur.



Şekil 15. DMMP baskılı polimer hazırlanması

2.3. Dimetil metilfosfonat Seçici Elektrotun Hazırlanması

Hazırlanan dimetil metilfosfonat baskılı polimer havanda iyice dövülerek homojen toz haline getirilmiştir. Toz haline getirilen polimerden 5 mg alınarak üzerine 40 mg aktif kömür ilave edilmiştir. Elde edilen katı karışıma 100 µL dibütil ftalat konularak homojen bulamaç elde edinceye kadar karıştırılmıştır. Elektrotun uç kısmındaki boşluğun elde edilen bulamaç ile tamamen dolmasına ve dış kısmının pürüzsüz olmasına dikkat edilmiştir. Ardından hazırlanan elektrot uç kısmı yukarıda olacak biçimde bir spora tutturularak kuruması için bir gece oda sıcaklığında bekletilmiştir. Gerçekleştirilen işlemlerin şematik gösterimi Şekil 16'da sunulmuştur.



Şekil 16. Potansiyometrik sensörün hazırlanması

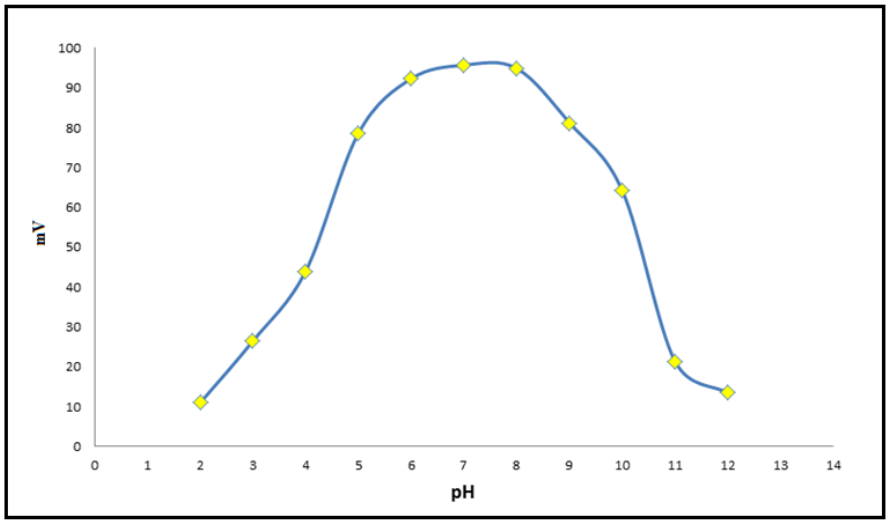
2.4. Potansiyometrik Sensör İçin Şartlandırma Yapılması

Analizlere başlamadan önce ne kadar süre sonunda ölçümün tamamlandığını, rejenerasyon süresinin ve elektrolitin dengeye gelme zamanını tespit etmek maksadıyla şartlandırma işlemi uygulanmıştır. Bunun için elektrot; 0,1 ppm dimetil metilfosfonat, 0,1 M KOH ve 0,1 M KCl çözeltileri içerisine daldırılmış ve potansiyelin stabil hale geldiği süreler belirlenmiştir. Bunun için 60 dakikalık süre içerisinde 5 dakikalık aralıklarla ölçümler alınmıştır. Ölçümler sonucunda şartlandırma süreleri dimetil metilfosfonat için 25 dakika, KOH için 35 dakika ve KCl için ise 45 dakika olarak bulunmuştur.

3. BULGULAR

3.1. Çalışma pH'sının Belirlenmesi

Hazırlanan seçici elektrotun çalışma pH'sını belirlemek için 10 ppm dimetil metilfosfonat içeren pH 2–12 arası fosfat tamponu çözeltileri hazırlanmıştır. pH 2-12 arasında sensörün potansiyometrik davranışı Şekil 17'de görülmektedir.



Şekil 17. Hazırlanan elektrotun potansiyel (mV)-pH grafigi

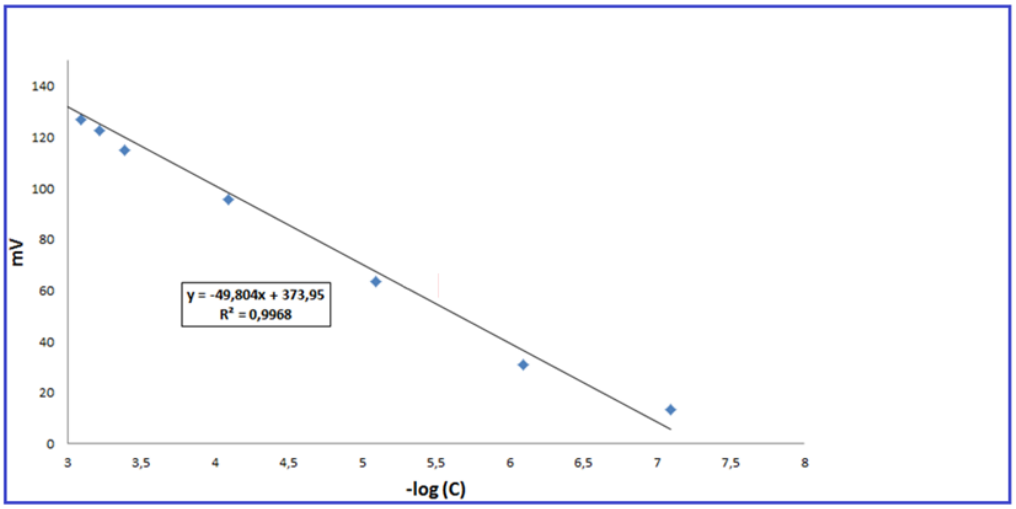
Şekilde görüldüğü üzere 10 ppm dimetil metilfosfonat çözeltisi için okunan en yüksek potansiyel değeri pH 6-8 aralığında bulunmuştur. Bundan dolayı yapılan ölçümlerde HEPES ((4-(2-hidroksietil)-1-piperazineetansulfonik asit)) tamponu (pH: 7,4) kullanılmıştır.

3.2. Potansiyometrik Ölçümler Sonucunda Dimetil Metilfosfonata Ait Kalibrasyon Grafiğinin Çizilmesi

Hazırlanan potansiyometrik sensör ile 0,01-200 ppm arasında değişen derişimlerdeki dimetil metilfosfonat numuneleri için ölçümler alınmıştır. Ölçüm alırken hazırlanan elektrot numunenin bulunduğu kaba daldırılmış ve şartlanma süresi olarak belirlenen 25 dakika boyunca beklenmiştir. 25 dakikanın sonunda cihazda okunan potansiyel değeri not edilmiştir. Numune analizinden sonra rejenerasyon için elektrot KOH çözeltisi içinde 35 dakika bekletilmiştir. Son olarak elektrolit dengesinin sağlanması maksadıyla elektrot KCl çözeltisinde 45 dakika bekletilmiştir. Bu işlemler uygulanarak alınan ölçüm sonuçları Tablo 1'de ve çizilen kalibrasyon grafiği Şekil 18'de verilmiştir.

Tablo 1. Potansiyel ölçümleri

ppm(mg/L)	Derişim (mol/L)	-log (C)	mV
0.01	$8.06x10^{-8}$	7.09	13.26
0.1	$8.06x10^{-7}$	6.09	30.94
1	$8.06x10^{-6}$	5.09	63.75
10	$8.06x10^{-5}$	4.09	95.71
50	$4.03x10^{-4}$	3.39	114.92
75	$6.04x10^{-4}$	3.22	122.91
100	$8.06x10^{-4}$	3.09	127.16
150	$1.21x10^{-3}$	2.92	140.59
200	$1.61x10^{-3}$	2.79	145.01



Şekil 18. Potansiyometrik sensörde farklı derişimlerdeki dimetil metilfosfonat numunelerine ait kalibrasyon grafiği

Kalibrasyon doğrusu için dimetil metilfosfonatın çalışılan en yüksek derişimi olan $1,61x10^{-3}$ mol/L değerine kadar potansiyometrik sensörde doğrusal bir ilişki gözlenmiş ve elde edilen regresyon katsayısı 0,9968 olarak bulunmuştur.

LOD (Tayin Limiti) hesaplanması maksadıyla blank (kör) çözeltileri hazırlanarak 5 farklı ölçüm alınmıştır. Ölçüm sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Blank çözeltilerinden alınan ölçüm sonuçları

Blank	mV

1	1.7
2	2.1
3	1.9
4	2.2
5	1.8

Ortalama değer 1,94, standart sapma ise 0,207 olarak bulunmuştur. Bu veriler kullanılarak tayin limiti $3{,}2x10^{-8}$ olarak hesaplanmıştır. Geliştirdiğimiz potansiyometrik sensörün performansını kıyaslamak amacıyla literatür taranmıştır. Literatür araştırma sonucu farklı yöntemleri temel alan çalışmaların tayin limitleri, geliştirdiğimiz potansiyometrik sensörle kıyaslanmak üzere Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3. Farklı yöntemlerle karşılaştırma

Çalışma	**Metot**	**Tayin Limiti.(mol L^1)**	**Reference**
Fiber optik kimyasal sensör	Kimyasal	1×10^{-3}	(Khalil, 2004)
Nanopartikül temelli	Kimyasal	8×10^{-5}	(Yoo ,2017)
QCM temelli	Kimyasal	5×10^{-5}	(Zhao, 2006)
MIP Temelli	MIP	1.86×10^{-8}	Çalışmamız

Tablo 3 incelendiğinde, geliştirdiğimiz potansiyometrik sensörün tayin limitinin mevcut yöntemlerle kıyaslandığında çok düşük değerlerde olduğu görülmektedir. Bu sebeple eser miktarda analit içeren numunelerin analizinin bu yöntemle yapılması mümkündür.

3. SONUÇ

Bu çalışmada, moleküler baskılı polimer tekniği kullanılarak sinir ajanlarının tespitini yapmak amacıyla dimetil metilfosfonat temelli potansiyometrik sensor geliştirilmiştir. Bu amaçla sensörde tanıma tabakası olarak kullanılmak üzere dimetil metilfosfonat baskılı polimer hazırlanmıştır. MIP hazırlamak için ilk olarak N-metakriloil-(L)-Serin (MA-Serin) monomerinin sentezi gerçekleştirilmiştir. Bunun için L-Serin ile metakriloil benzotriazol (MA-Bt) reaksiyona sokulmuştur. Daha sonra MA-Serin molekülü ile dimetil metilfosfonat arasında AIBN başlatıcı molekülü varlığında polimerizasyon reaksiyonu gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan dimetil metilfosfonat baskılı polimer havanda iyice dövülerek toz haline getirilmiş ardından da aktif kömür ve dibütil ftalat ile karıştırılarak bulamaç elde edilmiştir. Elde edilen bulamaç içerisinden bir bakır tel geçecek şekilde cam elektrotun uç kısmına doldurulmuş ve kuruması için 24 saat oda sıcaklığında bekletilmiştir. Bu şekilde dimetil metilfosfonat seçici elektrotumuz hazır hale getirilmiştir. Analizlere başlamadan önce ne kadar süre sonunda ölçümün tamamlandığını, rejenerasyon süresinin ve elektrolitin dengeye gelme zamanını tespit etmek maksadıyla şartlandırma işlemi uygulanmıştır. Şartlandırma süreleri; dimetil metilfosfonat için 25 dakika, KOH için 35 dakika, KCl için ise 45 dakika olarak bulunmuştur. Ardından çalışma pH'nın belirlenmesi maksadıyla 10 ppm dimetil metilfosfonat içeren pH 2–12 arası fosfat tamponu çözeltileri hazırlanmıştır. 10 ppm dimetil metilfosfonat çözeltisi için okunan en yüksek potansiyel değeri pH 6-8 aralığında bulunmuştur. Bundan dolayı yapılan ölçümlerde HEPES tamponu (pH:7,4) kullanılmıştır. Ardından hazırlanan potansiyometrik sensörle numune analizine geçilmiştir. 0,01-200 ppm arasında değişen derişimlerdeki dimetil metilfosfonat numuneleri için ölçümler alınmıştır. Elde edilen potansiyel değerleri grafiğe geçirilmiş ve kalibrasyon grafiği elde edilmiştir. Kalibrasyon doğrusu için dimetil metilfosfonat çalışılan en yüksek derişimi olan $1{,}61x10^{-3}$ mol/L değerine kadar potansiyometrik sensörde doğrusal bir ilişki

gözlenmiş ve elde edilen regresyon katsayısı 0,9868 olarak bulunmuştur. LOD (Tayin Limiti) blank(kör) çözeltileri hazırlanarak ölçüm alınmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda LOD değeri $3{,}2x10^{-8}$ M bulunmuştur. Bu sonuçlar bize göstermektedir ki geliştirilen yöntemle çok düşük miktarlardaki dimetil metilfosfonat numunelerinin analizi yapılabilmektedir.

KAYNAKÇA

Selcen, E. (2010). Uluslararası Ceza Mahkemesinin Devlet Egemenliğine Etkisi. Ankara: s.105.

Alsan, Z. (1950). 1949 Cenevre Sözleşmeleri. Ankara: s.46-47.

Marrs, T.C., Balantyne, B. (2002). *Pesticide toxicology*. New York: Wiley.

Sunay, S. (2010). Investigation of paraoxonase polymorphism and paraoxonase enzyme activity in individuals exposed to pesticides. Doctoral Thesis. Ankara University, Ankara.

Yağmuroğlu, O. (2017). Development of paraoxon-based sensors for the detection of chemical warfare agents. Doctoral Thesis. Anadolu University, Eskişehir, Turkey.

Şanlı, Y. (1984). Environmental problems and food contamination. Selçuk University Journal of Veterinary Faculty, Special Issue, 17-37.

Öğüt, S. (2012). Determination of pesticide residues of some pesticides used in Isparta region in apple-cherries and their effects on blood parameters of agricultural workers working in the agriculture of these products. Doctoral Thesis. Süleyman Demirel University, Isparta, Turkey.

Gürcan, T. (2001). Pesticide residues and their importance. World Food Magazine, May Issue., 67-72.

Kaya, S. (1996). Pesticides and their main problems. Environmental and health units panel notes. Ankara: Ankara University Faculty of Veterinary Medicine Conference.

Jeyeratnam, J. (1990). Pesticides: poisining as a global health problem. *World Health Stat*., Q.43, 139-144.

Kamanyire, R., Karalliedde, L. (2004). Organophosphate toxicity and occupational exposure. *Occup Med (Lond)*, 54, 69–75.

Sunay, S. (2010). Investigation of paraoxonase polymorphism and paraoxonase enzyme activity in individuals exposed to pesticides. Doctoral Thesis. Ankara University, Ankara.

Hıncal, F., Çeliker, A., Özgüven, Ş., Kaya, E. (1991). The effects of chemical and biological warfare agents on health. Ankara.

Karayılanoğlu, T. (2003). Medical defense and pesticides in chemical attack. Ankara

Yağmuroğlu, O., Diltemiz, SE. (2020). Development of QCM based biosensor for the selective and sensitive detection of paraoxon. *Analytical Biochemistry*, 591, 113572.

Patocka, J., Kuča, K., Jun, D. (2004). Acetylcholinesterase and butyrylcholinesterase – Important enzymes of human body. *Acta Medica (Hradec Králové)*, Vol. 47, No. 4.

Patocka, J., Kuca, K., Jun, D., Cabal J. (2005). Oxime reactivation of acetylcholinesterase inhibited by toxic phosphorus esters: In vitro kinetics and thermodynamics. *J.Appl.Biomed*., 3, 91-99.

Diltemiz, S., Yağmuroğlu, O. (2019). Development of reflectometric interference spectroscopy based sensors for paraoxon determination. *Eskişehir Technical University Journal of Science and Technology - C Life Sciences and Biotechnology*, 8 (1), 12-22.

Dragonov, D.I. ve Ladu, B.N. (2004). Pharmacogenetics of paraoxonases: a brief review. *Naunyn-Schmiedeberg's Arch. Pharmocol*., 369(1), 78-88.

Bajgar J. (2004). Organophosphates/Nevre Agents poisoning: mechanism of action, diagnosis, prophylaxis and treatment. *Advances In Clinical Chemistry*, Vol 38, 152-153.

Stetter, J., Penrose, W. (2002). Understanding chemical sensors and chemical sensors arrays; past, present and future. *Sensors Update*, Vol 10, 189-229.

Skoog, DA. (1990). West DM, Holler FJ. Fundamentals of analytical chemistry. Saunders College Publishing: s.496.

Dondurmacıoğlu, F. (2011). Development of optical sensors for the determination of heavy metal ions. Doctoral Thesis.İstanbul University, İstanbul.

Hulanicki, A., Glab, S., İngman, F. (1991). Chemical sensors definitions and classification. *Pure&apl Chem*., 63(9), 1247-1250.

YANGIN VE İTFAİYE VAKALARI RİSK HARİTASININ HAZIRLANMASI

Ömer Bora NAMLI
Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği A.B.D.
omer.namli@ogr.sakarya.edu.tr

Berrin DENİZHAN
Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
denizhan@sakarya@edu.tr

Özet
Şehirlerin imar planları hazırlanırken ve/veya çeşitli nedenler ile yenilenmesi gerektiğinde öncelikli olarak göz önünde bulundurulması gereken ve çoğu zaman da gerektiği şekilde hesaba katılmayan, hususlardan biri de yangın ve itfaiye vakaları riski faktörüdür. Etkili önleme ve müdahale sistemlerinin kurulması için de itfaiye risk haritasının oluşturulması önemlidir. Yangın ile mücadele konusundaki en önemli unsurlardan biri; itfaiyenin hizmet alanındaki yangın riski değerlerinin bilinmesidir. Zaman içerisinde bir şehrin risk haritası çeşitli etkenlere bağlı olarak farklılaşabilmektedir. Bu sebeple; şehrin risk değerlendirmesi ve sonuçların risk haritasına aktarılması ile yangın risk haritasının güncel tutulması önemlidir. Bu çalışmada; Kocaeli ili itfaiye vakalarının geçmiş dönem verileri incelenmiştir. Beş yıllık istatistiki veriler sınıflandırılarak kullanılmıştır. Kocaeli iline ait risk haritası oluşturulurken; sadece yangın vakaları göz önünde bulundurulmamıştır. İtfaiyenin hizmet verdiği tüm vakalara ait gerçekleşme değerleri de dikkate alınarak ayrıca risk değerlendirmesi yapılmıştır. Böylece Kocaeli ili geneline ait itfaiye vakaları risk haritası hazırlanmıştır. Risk haritasının sağlıklı olarak ortaya konulması, ileride yapılacak itfaiye müdahale istasyonları için yer seçimi planlamasına önemli bir ön hazırlık olmuştur.

Anahtar Kelimeler: İtfaiye Risk Haritası, İtfaiye Vakası Türleri, Yerleşim Planlaması

PREPARING RISK MAP OF FIRE AND FIRE DEPARTMENT EVENTS

Abstract
The fire risk factor is one of the issues that should be taken into consideration when the zoning plans of cities are being prepared and / or when they need to be renewed for various reasons, and which is often not taken into account properly. Especially facilities and enterprises with high fire risk should be planned in places with less human density and as far away from city centers as possible. In this way, fire risk will be reduced in social living areas. It is possible that buildings can be built irregularly and contrary to the zoning plans in time. Buildings with low fire risk such as residences, education and health facilities and buildings with high fire risk such as industrial, fuel oil and storage facilities may come together inappropriately according to the distances they should be between each other. Therefore; The fire risk map of a city can be different over time.

Keywords: Fire-Risk Map, Fire Department Events, Location Planning

GİRİŞ

Yangın risk haritası; öncelikle özel koruma gerektiren yapıların ve endüstriyel tesislerin bilgileri, şehrin yangın istatistikleri, sosyal yaşam ve ticari alan verileri gibi faktörler ışığında; şehrin yangın risklerinin bölgesel olarak belirlenmesi ve CBS (Coğrafi Bilişim Sistemi) araçları kullanılarak şehir haritasına yansıtılması olarak ifade edilebilir.

Şehirlerin imar planları hazırlanırken ve/veya çeşitli nedenler ile yenilenmesi gerektiğinde öncelikli olarak göz önünde bulundurulması gereken ve çoğu zaman da gerektiği şekilde hesaba katılmayan, hususlardan biri de yangın riski faktörüdür. Özellikle yangın riski yüksek olan tesis ve işletmeler için kuruluş yerleri insan yoğunluğu daha az olan, şehir merkezlerinden mümkün olduğunca uzak yerlerde planlanmalıdırlar. Bu şekilde sosyal yaşam alanları için yangın riski azaltılmış olacaktır.

Şehirlerimizde zaman içerisinde imar planlarının dışına çıkılarak düzensiz şekilde yapılaşmalar olabilmekte; konutlar, eğitim ve sağlık tesisleri gibi yangın riski düşük yapılar ile sanayi, akaryakıt, depolama tesisleri gibi yangın riski yüksek yapılar birbirleri arasında bulunması gereken mesafelere uygun olmayan şekilde yan yana gelebilmektedirler. Ve zaman içerisinde bir şehrin yangın risk haritası bu gibi etkenler ile farklılaşabilmektedir. Bu sebeple; şehrin risk değerlendirmesi ve sonuçların risk haritasına aktarılması ile yangın risk haritasının güncel tutulması önemlidir. Etkili önleme ve müdahale sistemlerinin kurulması için de yangın risk haritasının oluşturulması ve güncellenmesi önemlidir.

Yangın risk faktörünü göz önünde bulundurarak, itfaiyenin daha doğru ve olaylara en etkin müdahale edecek şekilde teşkilatlanması amaçlanmaktadır. Özellikle; itfaiye müdahale birimlerinin kurulacağı yerlerin sağlıklı olarak belirlenmesine yangın risk haritasının hazırlanmış olması önemli bir katkı sağlayacaktır. Kurulacak itfaiye müdahale istasyonun büyüklüğü; araç-gereç türü ve sayısı, personel sayısı gibi özellikleri; istasyonun hizmet vereceği bölgenin risk değeri göz önünde bulundurularak çok daha doğru bir şekilde belirlenebilecektir.

Bu ve devamında yapılacak müdahale istasyonları yer seçimi planlaması çalışmaları ile elde edilecek sonuçlar, şehrin daha güvenli yaşanılabilir bir yer olmasına katkı sağlayacaktır. Yangın risk haritasının da itfaiye müdahale istasyonlarının yerleşim planlaması yapılırken dikkate alınması, yangına müdahale hızını arttırır ve zararlarının artmasını önler. Kırsal ve ormanlık alanlar gibi yerler için de risk değerlendirmesi yapılarak, bu tip alanlarda oluşabilecek yangınlar için daha uygun tedbirlerin alınmasında faydalı olacaktır.

Genel olarak hazırlanacak olan risk haritası, ileriye dönük şehrin gelişimi için yapılacak planlamalarda kullanılabilecek bilgi kaynaklarından biri olacaktır.

Kocaeli Büyükşehir Belediyesi hizmet bölgesindeki tüm alanları kapsayacak şekilde risk haritasının oluşturulması yangın önleme ve mücadele planlamalarının daha sağlıklı yapılmasına olanak sağlayacak ve karar destek sistemi vazifesi görecektir. Risk haritasının oluşturulması aşamaları ve genel olarak hangi değişkenlerin kullandığı, oluşturulan risk haritasının nasıl kullanması gerektiği, yapılan çalışmaların sonuçlarına göre riskin nerelerde yüksek olduğu ve bunlara göre de alınması gereken önlemlerin neler olması gerektiği konuları üzerinde durulacaktır. Risk haritasında edinilen bilgi ve CBS araçları ile itfaiye müdahale istasyonlarının yerleşim planlamasının yapılması.

2. MATERYAL VE METOD

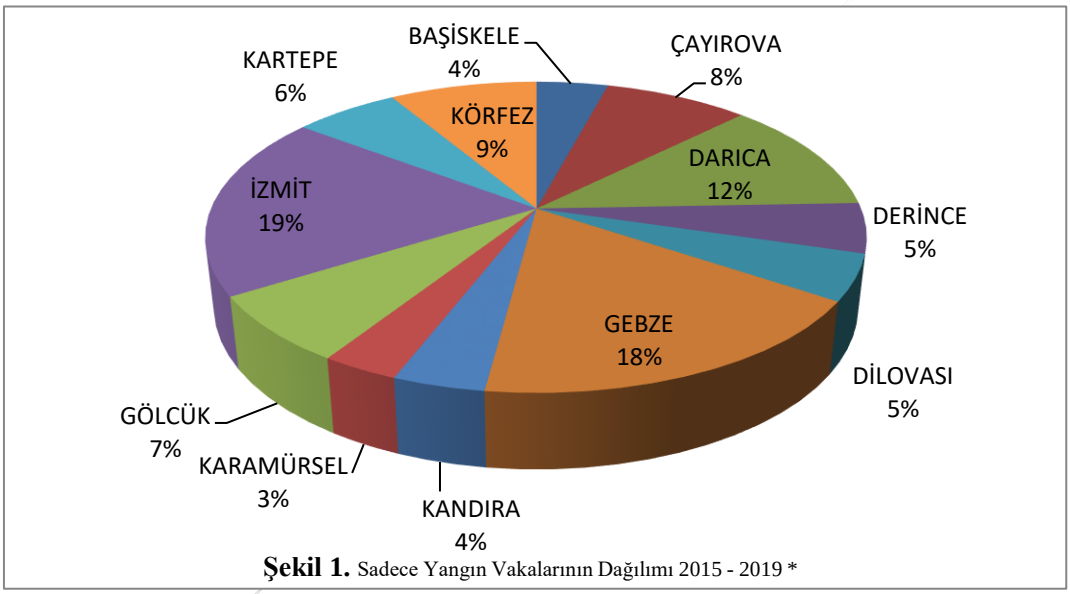
Çalışmanın temel unsurlarından biri; yangın olayları ile ilgili istatistiksel verilerdir. Bu verilerin sınıflandırılması ve analiz edilmesiyle; oluşan yangın türleri ve hangi bölgelerde ne türde yangınlar olduğu ile ilgili bilginin ortaya konulmuştur. Gerçek veriler kullanılmıştır. Risk değerlendirmesi yapılırken; incelenen alanın coğrafi özellikleri ile üzerindeki yapıların faaliyet konuları, ekonomik değerleri de dikkate alınmalıdır. Yol şartları, askeri alanlar, özel koruma alanları, tehlikeli maddelerle çalışan tesis alanları vb. hususlar risk seviyesini etkileyecektir.

İtfaiyenin birincil görevi yangın ile ilgili önleyici ve bertaraf edici faaliyetleri yapmaktır. Bununla birlikte; itfaiye teşkilatı akla gelebilecek tüm acil durumlarda hizmet vermektedir. İtfaiyenin hizmet verdiği vaka türleri aşağıdaki tablodaki gibi sınıflandırılmaktadır ve Kocaeli ili için 2015-2019 yılllarına ait istatistiki veriler aynı tabloda gösterilmektedir.

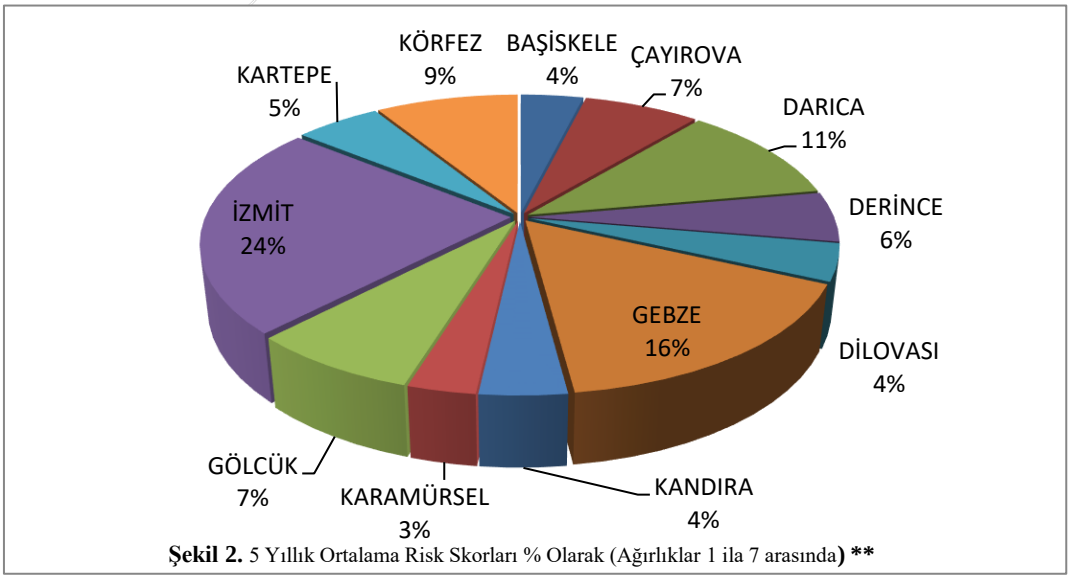
Tablo1. İtfaiye vaka türleri ve 2015-2019 yıllarına ait istatistiksel veriler.

İTFAİYE VAKALARI	2015	2016	2017	2018	2019	TOPLAM
TRAFİK KAZASI KURTARMA	512	589	594	622	518	**2835**
TEKNİK KURTARMA (İNSAN)	270	342	452	506	574	**2144**
TEKNİK KURTARMA (HAYVAN)	922	1270	1564	1822	1999	**7577**
SEL(SU) BASKINI TAHLİYE ÇALIŞMASI	126	149	192	729	319	**1515**
DİĞER	143	395	390	500	1101	**2529**
KAPI AÇMA HİZMETİ	424	480	487	506	541	**2438**
YANGIN	4307	4799	4035	3328	3782	**20251**
		2015-2019 Yılları Toplam Vaka Sayısı				**39289**

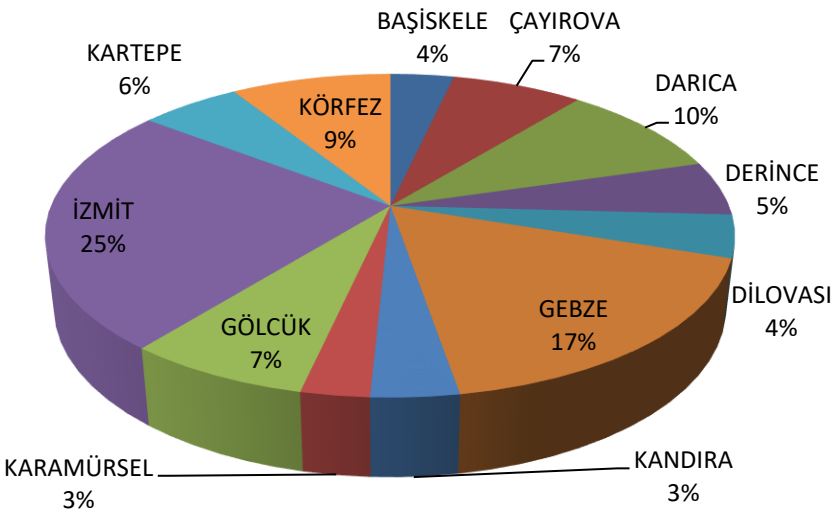
Kocaeli Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Dairesinin istatistiki verilerine dayanarak, vakaların ilçelere göre dağılımları yüzdelik olarak aşağıdaki grafikler ile gösterilmektedir.
Grafiklerden de anlaşılabileceği gibi; her bir ilçeye ait değerler farklı yıllar için çok yakın gerçekleşmiştir. Bu da Kocaeli genelinde vaka sayılarının ilçelere göre dağılım oranlarının yıllara göre çok farklılaşmadığını göstermektedir.



Şekil 1. Sadece Yangın Vakalarının Dağılımı 2015 - 2019 *



Şekil 2. 5 Yıllık Ortalama Risk Skorları % Olarak (Ağırlıklar 1 ila 7 arasında) **



Şekil 3. 5 Yıllık Ortalama Risk Skorları % Olarak (Ağırlıklar Toplamı=1) ***

2.1. Denklemler

Risk skorları hesaplanmasında ilk olarak itfaiyenin hizmet verdiği 7 tip vaka için 1 den 7 ye kadar uzmanlarca ağırlıklandırma yapıldı. Her bir vaka için aşağıda gösterildiği gibi farklı ağırlık atandı;

Tablo2. İtfaiye vaka türleri ve ağırlık değerleri

Vaka Türü	Ağırlık Değeri (Uzman Görüşü) **	Ağırlık Değeri (Uzman Görüşü) ***
TRAFİK KAZASI KURTARMA (V1)	6	0,25
TEKNİK KURTARMA (İNSAN) (V2)	5	0,2
TEKNİK KURTARMA (HAYVAN) (V3)	1	0,05
SEL(SU) BASKINI TAHLİYE ÇALIŞMASI (V4)	3	0,05
DİĞER (V5)	2	0,05
KAPI AÇMA HİZMETİ (V6)	4	0,1
YANGIN (V7)	7	0,3

Her ilçe için, her bir vakanın tüm Kocaeli'nde gerçekleşen aynı tür vaka sayısına oranlaması yapılmak suretiyle yüzdelik değerleri hesaplandı. Her bir vaka türüne atanan ağırlık ile o vaka türünün yüzdelik değeri çarpıldı. Bu şekilde 7 vaka türü için değerler bulundu ve o ilçenin toplan risk skoru hesaplandı. Risk skorları yüksekten düşüğe sıralanarak, ilçelerin risk sıralaması elde edildi.

Örnek olarak; Başiskele İlçesinin Risk Skoru aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır. Gösterilen örnek hesaplamada, vaka türlerine atanan ağırlıklar toplamı 1'e eşittir.

Tablo3. Başiskele İlçesi İçin Risk Skoru Hesaplaması-2019 Yılı (Ağırlık Toplamı=1)

İTFAİYE VAKALARI	Başiskele İlçesi Vaka Sayıları	Kocaeli Toplam Vaka Sayıları	Vaka Yüzdelik Değerleri (VYD)	Vaka Ağırlıkları (VA)	VYD * VA
TRAFİK KAZASI KURTARMA	16	518	3	0,25	0,77
TEKNİK KURTARMA (İNSAN)	18	574	3	0,2	0,63
TEKNİK KURTARMA (HAYVAN)	60	1999	3	0,05	0,15
SEL(SU) BASKINI TAHLİYE ÇALIŞMASI	10	319	3	0,05	0,16
DİĞER	9	1101	1	0,05	0,04
KAPI AÇMA HİZMETİ	11	541	2	0,1	0,20
YANGIN	158	3782	4	0,3	1,25
			Başiskele İlçesi Toplam Risk Skoru		**3,20**

3. SONUÇ

*Sadece yangın verileri ve sonrasında tüm itfaiye vakaları ele alınarak istatistiki veriler değerlendirildi.

Tüm itfaiye vakaları iki farklı şekilde incelendi. İlçeler için risk değerleri belirlenirken: ilk olarak;

**tüm vakalar için 1 ile 7 değerleri arasında ağırlıklar atandı ve buna göre bir risk sıralaması yapıldı. İkinci olarak;

***ağırlıklar toplamı 1 olacak şekilde her bir vaka için ağırlık atanarak bir risk sıralaması daha yapıldı:

İlkinde her bir ağırlık farklı değerli seçildi, ikincisinde 3 itfaiye vakası için eşit diğer 4 itfaiye vakaları için farklı ağırlıklar atandı. Her 3 değerlendirme sonucunda Risk Sıralamaları benzer şekilde karşımıza çıktı. En çok risk taşıyan ilk 6 ilçe ve son sıradaki ilçe her üç değerlendirmede de aynı ilçelerdir. Risklerin grublandırılması yapıldığında diğer 5 ilçe için oluşan farklar ortadan kalkacaktır.

2015-2019 Yılları arasında tüm Kocaeli genelinde itfaiye hizmetleri kapsamına giren 39.289 vaka gerçekleşmiştir. Beş yıllık istatistiki verilerden yararlanarak vakaların ilçelere göre oluşma yoğunlukları değerlendirilmiştir. Bu şekilde; itfaiye hizmetlerine yönelik vaka oluşma riskleri Kocaeli ili haritasına yansıtılmıştır. Her bir ilçe için farklı bir renk kodu kullanılmıştır. Yakın veya eşit risk değerine sahip ilçeler aynı renk kodları gösterilmiştir.

Şehirdeki bölgesel risk faktörleri de göz önünde bulundurularak; Önleyici tedbirlerin daha etkili planlanmasına ve hayata geçirilmesine katkı sağlayacak bir çalışma olması amaçlanmıştır. İtfaiye teşkilatının yapılanmasına; araç-gereç, personel sayısı ve müdahale tekniklerinin bölgenin yangın riskine göre en etkili şekilde belirlenebilmesi açısından da fayda sağlayacaktır. Oluşturulan yangın risk haritası ile haritanın oluşumuna etki eden ana ölçütlerin bilinmesi gelecekteki planlamalar için yol gösterici olacaktır. Yangın risk haritası dikkate alınarak yerleşim planı düzenlenmiş bir itfaiye teşkilatı; hizmet alanının herhangi bir noktasında oluşabilecek olaya daha erken müdahale edebilecek ve hizmet kalitesi önemli ölçüde artmış olacaktır.



4. TARTIŞMA

Endüstriyel tesislerin kentteki dağılımı, faaliyet konuları ve buna bağlı olarak tesisteki hammadde, yarı mamul-mamul özelliklerinin yangın riskleri açısından sınıflandırılmasına yönelik veri tabanı çalışması yapılması bu konu ile ilgili gelecekte yapılacak çalışmaların daha sağlıklı sonuçlar vermesine katkı sağlayacaktır. Veri analizi metotları, ArcGIS vb. coğrafi bilgi sistemi araçları kullanılabilecek en etkili araçlardandır.

İtfaiye, başta yangın olmak üzere, her tür afet ve acil durumlarda görev alan en temel kurumlardan biridir. İtfaiyeler, belediyeler bünyesinde bu görevlerini yerine getirirler. İtfaiye müdahale istasyonlarının il genelinde yerleşimleri olası vakalara müdahale çabukluğu açısından önem arz etmektedir. İtfaiye müdahale istasyonlarının yerleşim planlamasının, hizmet alanının herhangi bir noktasındaki olaya en kısa sürede itfaiye müdahale ekiplerinin varmasını ve daha etkili bir müdahalenin yapılabilmesini sağlayacak şekilde, düzenlenmesine şehrin yangın risk haritasının hazırlanmış ve güncel tutulmuş olması önemli fayda sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

1. Bingöl, B. (2017), Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanarak Burdur İli Orman Yangını Risk Alanlarının Belirlenmesi, Turkish Journal of Forest Science, Cilt 1, Sayı 2, Oca 2017, 169 – 182
2. GÜNEY, C. O. (2014), Orman Yangınlarında Tutuşma Risk Haritaları ve Kullanma Olanakları, Orman Mühendisliği Dergisi, Yıl:51, Sayı: 4-5-6, 13-18
3. Erden, T. and Coskun, M. (2010) 'Multi-criteria site selection for fire services: the interaction with analytic hierarchy process and geographic information systems', Natural Hazards and Earth System Sciences, Vol. 10, pp.2127–2134
4. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Dairesi Faaliyet Raporu, 2019
5. Nisanci, R. (2010) 'GIS based fire analysis and production of fire-risk maps: the Trabzon experience', Scientific Research and Essays, Vol. 5, No. 9, pp.970–977
6. Şişman, A. (2015), Yangın Risk Haritasının Üretilmesi ve İstasyonların Konumlarının Uygun Yer Analizi İle İrdelenmesi, ISITES2015
7. Tzeng, G.H., Chen, Y.W. 1999. The Optimal Location of Airport Fire Stations: A Fuzzy Multi-objective Programming and Revised Genetic Algorithm Approach. Transportation Planning and Technology, 23, 37-551

ALGEBRAIC OPERATIONS OF INTUITONISTIC FUZZY PARAMETERIZED INTUITIONISTIC FUZZY SOFT MATRICES AND THEIR APPLICATION TO A PERFORMANCE-BASED VALUE ASSIGNMENT PROBLEM

Burak Arslan
Department of Mathematics, Faculty of Arts and Sciences, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Turkey
tburakarslan@gmail.com

Serdar Enginoğlu
Department of Mathematics, Faculty of Arts and Sciences, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Turkey
serdarenginoglu@gmail.com

Abstract
Intuitionistic fuzzy parameterized intuitionistic fuzzy soft matrices (*ifpifs*-matrices) is a new and useful mathematical tool proposed to model uncertainties. In this study, to improve the modelling capability of *ifpifs*-matrices, we define algebraic sum and algebraic product operations on this concept and investigate some of their basic properties. Moreover, we propose two soft decision-making methods via these operations. Afterwards, we apply these two soft decision-making methods, i.e. AE20/1 and AE20/2, to a performance-based value assignment (PVA) problem for state-of-the-art filters used in image denoising. The results show that the proposed methods herein efficaciously order the filters in terms of performance. Besides, we compare the proposed methods with EA20, which was the only soft decision-making method in the *ifpifs*-matrices space. The comparison reveals that AE20/1 and AE20/2 produce more acceptable ranking orders than EA20 does. Finally, we discuss the proposed methods and the need for further research.

Keywords: Intuitionistic fuzzy sets, Soft sets, *ifpifs*-matrices, Soft decision-making, PVA problems.

1. INTRODUCTION

To cope with uncertainties, the concepts of intuitionistic fuzzy sets (Atanassov, 1986), being a more general form of fuzzy sets (Zadeh, 1965), and soft sets (Molodtsov, 1999) have been introduced. Then, their hybrid versions, such as fuzzy soft sets (Çağman et al., 2011b; Maji et al., 2001a), fuzzy parameterized soft sets (Çağman et al., 2011a), fuzzy parameterized fuzzy soft sets (*fpfs*-sets) (Çağman et al., 2010), intuitionistic fuzzy soft sets (Maji et al., 2011b), intuitionistic fuzzy parameterized soft sets (Deli and Çağman, 2015), and intuitionistic fuzzy parameterized intuitionistic fuzzy soft sets (*ifpifs*-sets) (Karaaslan, 2016) have been studied. Moreover, to be able to use the aforesaid concepts in a computer environment, the concepts of soft matrices (Çağman and Enginoğlu, 2010), fuzzy soft matrices (Çağman and Enginoğlu, 2012), fuzzy parameterized fuzzy soft matrices (*fpfs*-matrices) (Enginoğlu and Çağman, 2020), intuitionistic fuzzy soft matrices (Chetia and Das, 2012), and intuitionistic fuzzy parameterized intuitionistic fuzzy soft matrices (*ifpifs*-matrices) (Enginoğlu and Arslan, 2020) have been proposed. The concept of *ifpifs*-matrices has clearly stood out among the others because it can model problems containing intuitionistic fuzzy uncertainty of both parameters and objects.

Up to now, many noise-removal filters have been proposed to remove salt-and-pepper noise, a type of noise in images (Enginoğlu et al., 2019b; Erkan and Gökrem, 2018; Erkan et al., 2018; Esakkirajan et al., 2011; Pattnaik et al., 2012; Tang et al., 2016; Toh and Isa, 2010). In these papers, the proposed filters have been compared with some of the state-of-the-art filters. If the filter performs better only at all the noise densities than the others do, then the proposed filter herein can be asserted to be the best, but the difference of the performance values may not still be significant. This leads to the question of which one of the filters performs in noise-removal. Moreover, some of the known filters are not mostly considered in these papers. Therefore, there is a special need for new methods to consider and compare all the well-known filters.

Recently, to compare the state-of-the-art noise-removal filters, several soft decision-making methods have been propounded via the aforesaid concepts (Enginoğlu and Memiş, 2018; Enginoğlu and Öngel,

2020; Enginoğlu et al., 2018a, b, 2019c, d). However, these methods are incapable of modelling problems containing intuitionistic fuzzy uncertainty of both parameters and objects. For this reason, our primary focus will be to propose new soft-decision-making methods free of the aforesaid drawbacks. These new methods should also be able to process multiple measurement results. For example, let a_n^x refer to the numbers of positive signals produced by a detector x, which sends twenty signals a second, for the nth measurement. Then, for $(a_n^x) = (8, 3, 7, 5, 6)$, which shows the numbers of positive signals for the five measurements, the membership degree of the detector x to the fuzzy sets μ can be calculated to be 0.29 via the membership function $\mu(x) \coloneqq \frac{1}{20n}\sum_{i=1}^{n} a_i^x$. As a result, 0.29 denotes that the numbers of positive signals for a hundred signals of the detector x are 29. However, considering multi-values as a single value leads to data loss. To overcome such a drawback, a closed interval including the data can be constructed via

$$\left[\frac{\min\limits_n a_n^x}{\max\limits_n a_n^x + \max\limits_n (20 - a_n^x)}, \frac{\max\limits_n a_n^x}{\max\limits_n a_n^x + \max\limits_n (20 - a_n^x)}\right] = [0.12, 0.32].$$

Here, $[0.12, 0.32]$ means that the numbers of positive signals for a hundred signals of the detector x range from 12 to 32. Moreover, this interval $[0.12, 0.32]$ can be written as an intuitionistic fuzzy value $\frac{\mu(x)}{\nu(x)} = \frac{0.12}{1-0.32} = \frac{0.12}{0.68}$. Therefore, intuitionistic fuzzy values are more convenient to model such a problem because they offer more information than fuzzy values. Furthermore, the proposed methods can also regard the performance results obtained by two or more quality metrics.

In Section 2 of the present study, we present some of the basic definitions that will be used in the next sections. In Section 3, we define algebraic sum and algebraic product on *ifpifs*-matrices. In Section 4, by using these two algebraic operations, we propose two new and efficient soft decision-making methods, i.e., AE20/1 and AE20/2. In Section 5, we apply the proposed methods to a performance-based value assignment (PVA) to the seven state-of-the-art filters used in image denoising. The results show that the proposed methods herein efficaciously order the filters in terms of their noise-removal performance. In Section 6, we compare the proposed methods with EA20 (Enginoğlu and Arslan, 2020), which was the only method in the *ifpifs*-matrices space. The comparison manifests that AE20/1 and AE20/2 perform better than EA20 regarding their ranking order performances. Finally, we discuss the need for further research.

2. PRELIMINARIES

In this section, we present the concepts of intuitionistic fuzzy sets (Atanassov, 1986), *ifpifs*-sets (Karaaslan, 2016), and *ifpifs*-matrices (Enginoğlu and Arslan, 2020) by considering the notations used in this study.

Throughout this paper, let U be a universal set, E be a parameter set, $F(E)$ be the set of all the fuzzy sets over E, and $\mu, \nu \in F(E)$. Here, a fuzzy set μ over E is denoted by $\{^{\mu(x)}x : x \in E\}$.

Definition 1. (Atanassov, 1986) Let f be a function from E to $[0,1] \times [0,1]$. Then, the set $\left\{\frac{\mu(x)}{\nu(x)}x : x \in E\right\}$, being the graph of f, is called an intuitionistic fuzzy set (*if*-set) over E.

Here, for all $x \in E$, $\mu(x) + \nu(x) \leq 1$. Moreover, μ and ν are called the membership function and non-membership function, respectively, and $\pi(x) = 1 - \mu(x) - \nu(x)$ is called the degree of indeterminacy of the element $x \in E$. Obviously, each ordinary fuzzy set can be written as $\left\{\frac{\mu(x)}{1-\mu(x)}x : x \in E\right\}$.

In the present paper, the set of all the *if*-sets over E is denoted by $IF(E)$ and $f \in IF(E)$. In $IF(E)$, since the $graph(f)$ and f generate each other uniquely, the notations are interchangeable. Therefore, as long as it causes no confusion, we denote an *if*-set $graph(f)$ by f. Moreover, for convenience, we do not display the elements $\frac{0}{1}x$ in an *if*-set.

Definition 2. (Karaaslan, 2016) Let α be a function from f to $IF(U)$. Then, the set $\left\{\left(\binom{\mu(x)}{\nu(x)}x, \alpha\left(\binom{\mu(x)}{\nu(x)}x\right)\right) : x \in E\right\}$, being the graph of α, is called an intuitionistic fuzzy parameterized intuitionistic fuzzy soft set (*ifpifs*-set) parameterized via E over U (or briefly over U).

Throughout this paper, the set of all the *ifpifs*-sets over U is denoted by $IFPIFS_E(U)$. In $IFPIFS_E(U)$, since the $graph(\alpha)$ and α generate each other uniquely, the notations are interchangeable. Therefore, if it causes no confusion, we denote an *ifpifs*-set $graph(\alpha)$ by α. Furthermore, for convenience, we do not display the elements $\binom{0}{1}x, 0_U)$ in an *ifpifs*-set. Here, 0_U is the empty *if*-set over U.

Example 1. Let $E = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}$ and $U = \{u_1, u_2, u_3, u_4\}$. Then,

$$\alpha = \left\{\left(\binom{1}{0}x_1, \left\{\binom{0.2}{0.4}u_1, \binom{0.9}{0.1}u_3, \binom{0.4}{0.4}u_4\right\}\right), \left(\binom{0.4}{0.3}x_3, \left\{\binom{1}{0}u_2, \binom{0.1}{0.6}u_4\right\}\right), \left(\binom{0}{1}x_4, \left\{\binom{0.5}{0.5}u_1, \binom{0.8}{0}u_2, \binom{0}{0.7}u_3, \binom{0.6}{0.4}u_4\right\}\right)\right\}$$

is an *ifpifs*-set over U.

Definition 3. (Enginoğlu and Arslan, 2020) Let $\alpha \in IFPIFS_E(U)$. Then, $[a_{ij}]$ is called *ifpifs*-matrix of α and is defined by

$$[a_{ij}] := \begin{bmatrix} a_{01} & a_{02} & a_{03} & \dots & a_{0n} & \dots \\ a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{m3} & \dots & a_{mn} & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots \end{bmatrix}$$

such that for $i \in \{0, 1, 2, \dots\}$ and $j \in \{1, 2, \dots\}$,

$$a_{ij} := \begin{cases} \binom{\mu(x_j)}{\nu(x_j)}, & i = 0 \\ \alpha\left(\binom{\mu(x_j)}{\nu(x_j)}x_j\right)(u_i), & i \neq 0 \end{cases}$$

or briefly $a_{ij} := \binom{\mu_{ij}}{\nu_{ij}}$. Here, if $|U| = m - 1$ and $|E| = n$, then $[a_{ij}]$ has order $m \times n$.

In this paper, as long as it causes no confusion, the membership and non-membership functions of $[a_{ij}]$, i.e. μ_{ij} and ν_{ij}, will be represented by μ_{ij}^a and ν_{ij}^a, respectively. Moreover, the set of all the *ifpifs*-matrices parameterized via E over U is denoted by $IFPIFS_E[U]$ and $[a_{ij}], [b_{ij}], [c_{ij}] \in IFPIFSS_E[U]$.

Example 2. The *ifpifs*-matrix of α provided in Example 1 is as follows:

$$[a_{ij}] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0.4 & 0 \\ 0 & 1 & 0.3 & 1 \\ 0.2 & 0 & 0 & 0.5 \\ 0.4 & 1 & 1 & 0.5 \\ 0 & 0 & 1 & 0.8 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0.9 & 0 & 0 & 0 \\ 0.1 & 1 & 1 & 0.7 \\ 0.4 & 0 & 0.1 & 0.6 \\ 0.4 & 1 & 0.6 & 0.4 \end{bmatrix}$$

Definition 4. (Enginoğlu and Arslan, 2020) Let $[a_{ij}] \in IFPIFS_E[U]$. For all i and j, if $\mu_{ij} = \lambda$ and $\nu_{ij} = \varepsilon$, then $[a_{ij}]$ is called (λ, ε)-*ifpifs*-matrix and is denoted by $\begin{bmatrix}\lambda \\ \varepsilon\end{bmatrix}$. Here, $\begin{bmatrix}0 \\ 1\end{bmatrix}$ is called empty *ifpifs*-matrix and $\begin{bmatrix}1 \\ 0\end{bmatrix}$ is called universal *ifpifs*-matrix.

Definition 5. (Enginoğlu and Arslan, 2020) Let $[a_{ij}], [b_{ij}] \in IFPIFS_E[U]$. For all i and j, if $\mu_{ij}^b = \nu_{ij}^a$ and $\nu_{ij}^b = \mu_{ij}^a$, then $[b_{ij}]$ is complement of $[a_{ij}]$ and is denoted by $[a_{ij}]^{\tilde{c}}$ or $[a_{ij}^{\tilde{c}}]$.

3. ALGEBRAIC OPERATIONS OF IFPIFS-MATRICES

In this section, we define the algebraic sum and algebraic product on *ifpifs*-matrices and investigate some of their basic properties.

Definition 6. Let $[a_{ij}], [b_{ij}], [c_{ij}] \in IFPIFS_E[U]$. For all i and j, if $\mu_{ij}^c = \mu_{ij}^a + \mu_{ij}^b - \mu_{ij}^a\mu_{ij}^b$ and $\nu_{ij}^c = \nu_{ij}^a\nu_{ij}^b$, then $[c_{ij}]$ is called algebraic sum of $[a_{ij}]$ and $[b_{ij}]$ and is denoted by $[a_{ij}]\tilde{+}[b_{ij}]$.

Definition 7. Let $[a_{ij}], [b_{ij}], [c_{ij}] \in IFPIFS_E[U]$. For all i and j, if $\mu_{ij}^c = \mu_{ij}^a\mu_{ij}^b$ and $\nu_{ij}^c = \nu_{ij}^a + \nu_{ij}^b - \nu_{ij}^a\nu_{ij}^b$, then $[c_{ij}]$ is called algebraic product of $[a_{ij}]$ and $[b_{ij}]$ and is denoted by $[a_{ij}]\tilde{\cdot}[b_{ij}]$.

Example 3. Assume that two *ifpifs*-matrices $[a_{ij}]$ and $[b_{ij}]$ are as follows:

$$[a_{ij}] = \begin{bmatrix} 0.3 & 0 & 1 \\ 0.4 & 1 & 0 \\ 0.6 & 0.1 & 0.2 \\ 0.2 & 0.8 & 0.5 \\ 0.5 & 0.3 & 0 \\ 0.5 & 0.1 & 1 \end{bmatrix} \text{ and } [b_{ij}] = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.8 & 0 \\ 0.1 & 0.2 & 1 \\ 0.1 & 0.4 & 0.9 \\ 0.7 & 0.3 & 0 \\ 0.8 & 0.4 & 0.3 \\ 0.1 & 0.4 & 0.6 \end{bmatrix}$$

Then,

$$[a_{ij}]\tilde{+}[b_{ij}] = \begin{bmatrix} 0.44 & 0.8 & 1 \\ 0.04 & 0.2 & 0 \\ 0.64 & 0.46 & 0.92 \\ 0.14 & 0.24 & 0 \\ 0.9 & 0.58 & 0.3 \\ 0.05 & 0.04 & 0.6 \end{bmatrix} \text{ and } [a_{ij}]\tilde{\cdot}[b_{ij}] = \begin{bmatrix} 0.06 & 0 & 0 \\ 0.46 & 1 & 1 \\ 0.06 & 0.04 & 0.18 \\ 0.76 & 0.86 & 0.5 \\ 0.4 & 0.12 & 0 \\ 0.55 & 0.46 & 1 \end{bmatrix}$$

Proposition 1. Let $[a_{ij}], [b_{ij}], [c_{ij}] \in IFPIFS_E[U]$. Then,

i. $[a_{ij}]\tilde{+}\begin{bmatrix}0\\1\end{bmatrix} = [a_{ij}]$ and $[a_{ij}]\tilde{\cdot}\begin{bmatrix}0\\1\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}0\\1\end{bmatrix}$

ii. $[a_{ij}]\tilde{+}\begin{bmatrix}1\\0\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}1\\0\end{bmatrix}$ and $[a_{ij}]\tilde{\cdot}\begin{bmatrix}1\\0\end{bmatrix} = [a_{ij}]$

iii. $[a_{ij}]\tilde{+}[b_{ij}] = [b_{ij}]\tilde{+}[a_{ij}]$ and $[a_{ij}]\tilde{\cdot}[b_{ij}] = [b_{ij}]\tilde{\cdot}[a_{ij}]$

iv. $([a_{ij}]\tilde{+}[b_{ij}])\tilde{+}[c_{ij}] = [a_{ij}]\tilde{+}([b_{ij}]\tilde{+}[c_{ij}])$ and $([a_{ij}]\tilde{\cdot}[b_{ij}])\tilde{\cdot}[c_{ij}] = [a_{ij}]\tilde{\cdot}([b_{ij}]\tilde{\cdot}[c_{ij}])$

v. $([a_{ij}]\tilde{+}[b_{ij}])^{\tilde{c}} = [a_{ij}]^{\tilde{c}}\tilde{\cdot}[b_{ij}]^{\tilde{c}}$ and $([a_{ij}]\tilde{\cdot}[b_{ij}])^{\tilde{c}} = [a_{ij}]^{\tilde{c}}\tilde{+}[b_{ij}]^{\tilde{c}}$

Proof of v.

Let $[a_{ij}], [b_{ij}] \in IFPIFS_E[U]$. Then,

$$([a_{ij}]\tilde{+}[b_{ij}])^{\tilde{c}} = \left(\begin{bmatrix}\mu_{ij}^a\\ \nu_{ij}^a\end{bmatrix}\tilde{+}\begin{bmatrix}\mu_{ij}^b\\ \nu_{ij}^b\end{bmatrix}\right)^{\tilde{c}} = \begin{bmatrix}\mu_{ij}^a + \mu_{ij}^b - \mu_{ij}^a\mu_{ij}^b \\ \nu_{ij}^a\nu_{ij}^b\end{bmatrix}^{\tilde{c}} = \begin{bmatrix}\nu_{ij}^a\nu_{ij}^b \\ \mu_{ij}^a + \mu_{ij}^b - \mu_{ij}^a\mu_{ij}^b\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\nu_{ij}^a\\ \mu_{ij}^a\end{bmatrix}\tilde{\cdot}\begin{bmatrix}\nu_{ij}^b\\ \mu_{ij}^b\end{bmatrix} = [a_{ij}]^{\tilde{c}}\tilde{\cdot}[b_{ij}]^{\tilde{c}}$$

and

$$([a_{ij}]\tilde{\cdot}[b_{ij}])^{\tilde{c}} = \left(\begin{bmatrix}\mu_{ij}^a\\ \nu_{ij}^a\end{bmatrix}\tilde{\cdot}\begin{bmatrix}\mu_{ij}^b\\ \nu_{ij}^b\end{bmatrix}\right)^{\tilde{c}} = \begin{bmatrix}\mu_{ij}^a\mu_{ij}^b \\ \nu_{ij}^a + \nu_{ij}^b - \nu_{ij}^a\nu_{ij}^b\end{bmatrix}^{\tilde{c}} = \begin{bmatrix}\nu_{ij}^a + \nu_{ij}^b - \nu_{ij}^a\nu_{ij}^b \\ \mu_{ij}^a\mu_{ij}^b\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\nu_{ij}^a\\ \mu_{ij}^a\end{bmatrix}\tilde{+}\begin{bmatrix}\nu_{ij}^b\\ \mu_{ij}^b\end{bmatrix} = [a_{ij}]^{\tilde{c}}\tilde{+}[b_{ij}]^{\tilde{c}}$$

4. TWO SOFT DECISION-MAKING METHODS: AE20/1 AND AE20/2

In this section, to improve the modelling skills of *ifpifs*-matrices in decision-making, we propose two soft decision-making methods, denoted by AE20/1 and AE20/2, via the algebraic sum and algebraic product on *ifpifs*-matrices. Hereinafter, let $I_n \coloneqq \{1, 2, 3, \dots, n\}$.

AE20/1 Algorithm Steps

Input: The set of alternatives $U = \{u_1, u_2, \dots, u_{m-1}\}$ and the set of parameters $E = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$

Output: The decision set $\left\{{}^{\mu(u_k)}u_k : u_k \in U\right\}$

Step 1. Construct two *ifpifs*-matrices $\left[a_{ij}\right]_{m\times n}$ and $\left[b_{ij}\right]_{m\times n}$

Step 2. Obtain $\left[c_{ij}\right] \coloneqq \left[a_{ij}\right]\tilde{+}\left[b_{ij}\right]$

Step 3. Obtain $\left[s_{i1}^1\right]_{(m-1)\times 1}$ and $\left[s_{i1}^2\right]_{(m-1)\times 1}$ defined by $s_{i1}^1 \coloneqq \frac{1}{m-1}\sum_{j=1}^{n}\mu_{0j}^c\mu_{ij}^c$ and $s_{i1}^2 \coloneqq \frac{1}{m-1}\sum_{j=1}^{n}\nu_{0j}^c\nu_{ij}^c$, respectively

Step 4. Obtain the score matrix $[s_{i1}]_{(m-1)\times 1}$ defined by $s_{i1} \coloneqq s_{i1}^1 - s_{i1}^2$

Step 5. Obtain the decision set $\left\{{}^{\mu(u_k)}u_k : u_k \in U\right\}$ such that $\mu(u_k) = \frac{s_{k1}+\left|\min\limits_i s_{i1}\right|}{\max\limits_i s_{i1}+\left|\min\limits_i s_{i1}\right|}$

AE20/2 Algorithm Steps

Input: The set of alternatives $U = \{u_1, u_2, \dots, u_{m-1}\}$ and the set of parameters $E = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$

Output: The decision set $\left\{{}^{\mu(u_k)}u_k : u_k \in U\right\}$

Step 1. Construct two *ifpifs*-matrices $\left[a_{ij}\right]_{m\times n}$ and $\left[b_{ij}\right]_{m\times n}$

Step 2. Obtain $\left[c_{ij}\right] \coloneqq \left[a_{ij}\right]\tilde{\cdot}\left[b_{ij}\right]$

Step 3. Obtain $\left[s_{i1}^1\right]_{(m-1)\times 1}$ and $\left[s_{i1}^2\right]_{(m-1)\times 1}$ defined by $s_{i1}^1 \coloneqq \frac{1}{m-1}\sum_{j=1}^{n}\mu_{0j}^c\mu_{ij}^c$ and $s_{i1}^2 \coloneqq \frac{1}{m-1}\sum_{j=1}^{n}\nu_{0j}^c\nu_{ij}^c$, respectively

Step 4. Obtain the score matrix $[s_{i1}]_{(m-1)\times 1}$ defined by $s_{i1} \coloneqq s_{i1}^1 - s_{i1}^2$

Step 5. Obtain the decision set $\left\{{}^{\mu(u_k)}u_k : u_k \in U\right\}$ such that $\mu(u_k) = \frac{s_{k1}+\left|\min\limits_i s_{i1}\right|}{\max\limits_i s_{i1}+\left|\min\limits_i s_{i1}\right|}$

5. AN APPLICATION OF AE20/1 AND AE20/2 TO A PVA PROBLEM

In this section, we apply AE20/1 and AE20/2 to a PVA problem about assigning performance-based values to seven state-of-the-art filters used in image denoising, namely Based on Pixel Density Filter (BPDF) (Erkan and Gökrem, 2018), Modified Decision-Based Unsymmetrical Trimmed Median Filter (MDBUTMF) (Esakkirajan et al., 2011), Decision-Based Algorithm (DBA) (Pattnaik et al., 2012), Noise Adaptive Fuzzy Switching Median Filter (NAFSMF) (Toh and Isa, 2010), Different Applied Median Filter (DAMF) (Erkan et al., 2018), Adaptive Weighted Mean Filter (AWMF) (Tang et al., 2016), and Adaptive Riesz Mean Filter (ARmF) (Enginoğlu et al., 2019b). For this reason, we present the results of the aforesaid filters obtained by Structural Similarity (SSIM) (Wang et al., 2004) and Visual Information Fidelity (VIF) (Sheikh and Bovik, 2006) for Lena, Cameraman, Baboon, and Jet Plane images at noise densities ranging from 10% to 90% in Table 1 and 2, respectively. Further, the best performance is shown in bold. Let $U = \{u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7\}$ be alternatives' set such that u_1: "DBA", u_2: "MDBUTMF", u_3: "BPDF", u_4: "NAFSMF", u_5: "AWMF", u_6: "DAMF", and u_7: "ARmF". Moreover, let $E = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9\}$ be parameters' set such that x_1: "*noise density* 10%", x_2: "*noise density* 20%", x_3: "*noise density* 30%", x_4: "*noise density* 40%", x_5: "*noise*

density 50%", x_6: "*noise density* 60%", x_7: "*noise density* 70%", x_8: "*noise density* 80%", and x_9: "*noise density* 90%".

Table 1. SSIM Results of the Filters for the Lena, Cameraman, Baboon, and Jet Plane Images

	Filters	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
Lena	DBA	0.9761	0.9529	0.9325	0.9037	0.8700	0.8282	0.7672	0.6823	0.5562
	MDBUTMF	0.9868	0.9472	0.8508	0.8197	0.8649	0.8893	0.8659	0.7773	0.3900
	BPDF	0.9845	0.9655	0.9414	0.9103	0.8688	0.8151	0.7155	0.5402	0.2829
	NAFSMF	0.9841	0.9670	0.9491	0.9295	0.9073	0.8826	0.8492	0.8028	0.6800
	AWMF	0.9822	0.9736	0.9637	0.9506	0.9341	0.9134	0.8844	0.8423	0.7704
	DAMF	0.9903	0.9785	0.9657	0.9495	0.9309	0.9085	0.8791	0.8373	0.7620
	ARmF	**0.9911**	**0.9809**	**0.9700**	**0.9562**	**0.9393**	**0.9177**	**0.8878**	**0.8447**	**0.7719**
Cameraman	DBA	0.9829	0.9669	0.9513	0.9313	0.9041	0.8698	0.8218	0.7491	0.6509
	MDBUTMF	0.9908	0.9411	0.8130	0.7774	0.8630	0.9155	0.9050	0.8250	0.4556
	BPDF	0.9913	0.9786	0.9600	0.9330	0.8951	0.8443	0.7704	0.6592	0.4902
	NAFSMF	0.9797	0.9643	0.9495	0.9344	0.9178	0.8988	0.8720	0.8324	0.7137
	AWMF	0.9884	0.9851	0.9808	0.9761	0.9677	0.9561	0.9373	0.9043	0.8371
	DAMF	0.9961	0.9910	0.9840	0.9757	0.9647	0.9514	0.9322	0.9000	0.8290
	ARmF	**0.9970**	**0.9935**	**0.9887**	**0.9828**	**0.9739**	**0.9615**	**0.9418**	**0.9078**	**0.8397**
Baboon	DBA	0.9763	0.9521	0.9183	0.8773	0.8193	0.7435	0.6414	0.5170	0.3592
	MDBUTMF	0.9730	0.9328	0.8660	0.8211	0.8138	0.7861	0.7324	0.6317	0.3250
	BPDF	0.9797	0.9514	0.9106	0.8575	0.7821	0.6887	0.5611	0.3846	0.1037
	NAFSMF	0.9618	0.9210	0.8771	0.8316	0.7796	0.7214	0.6538	0.5705	0.4392
	AWMF	0.9728	0.9607	0.9488	0.9351	0.9138	0.8827	0.8332	0.7555	0.6011
	DAMF	0.9887	0.9744	0.9566	0.9360	0.9087	0.8741	0.8238	0.7470	0.5940
	ARmF	**0.9917**	**0.9816**	**0.9686**	**0.9529**	**0.9298**	**0.8965**	**0.8442**	**0.7637**	**0.6055**
Jet Plane	DBA	0.9804	0.9616	0.9428	0.9214	0.8896	0.8497	0.7874	0.7094	0.5966
	MDBUTMF	0.9885	0.9341	0.7865	0.7465	0.8428	0.8965	0.8828	0.7813	0.3485
	BPDF	0.9885	0.9737	0.9516	0.9251	0.8823	0.8204	0.7194	0.5443	0.1530
	NAFSMF	0.9848	0.9690	0.9516	0.9338	0.9140	0.8899	0.8594	0.8174	0.6995
	AWMF	0.9857	0.9799	0.9730	0.9652	0.9536	0.9380	0.9129	0.8758	0.8072
	DAMF	0.9938	0.9862	0.9766	0.9658	0.9514	0.9338	0.9084	0.8711	0.8015
	ARmF	**0.9947**	**0.9887**	**0.9812**	**0.9728**	**0.9604**	**0.9438**	**0.9176**	**0.8796**	**0.8097**

Table 2. VIF Results of the Filters for the Lena, Cameraman, Baboon, and Jet Plane Images

	Filters	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
Lena	DBA	0.8799	0.7554	0.6536	0.5377	0.4260	0.3265	0.2291	0.1390	0.0647
	MDBUTM	0.8597	0.6982	0.5240	0.4615	0.4544	0.4201	0.3466	0.2348	0.0731
	$\bar{B}$PDF	0.8496	0.7115	0.5833	0.4720	0.3592	0.2604	0.1520	0.0749	0.0336
	NAFSMF	0.8259	0.7149	0.6256	0.5457	0.4672	0.3859	0.3086	0.2293	0.1336
	AWMF	0.8238	0.7697	0.7150	0.6524	0.5853	0.5088	0.4285	0.3300	0.2012
	DAMF	0.9066	0.8127	0.7318	0.6523	0.5785	0.4986	0.4210	0.3268	0.1984
	ARmF	**0.9074**	**0.8277**	**0.7561**	**0.6828**	**0.6074**	**0.5243**	**0.4380**	**0.3354**	**0.2036**
Cameraman	DBA	0.8880	0.7687	0.6607	0.5483	0.4413	0.3440	0.2535	0.1526	0.0684
	MDBUTM	0.8537	0.6890	0.5164	0.4563	0.4539	0.4243	0.3596	0.2419	0.0958
	$\bar{B}$PDF	0.8502	0.7148	0.6034	0.4919	0.3862	0.2880	0.1929	0.0993	0.0405
	NAFSMF	0.7958	0.6820	0.5944	0.5116	0.4404	0.3657	0.2974	0.2138	0.1230
	AWMF	0.8196	0.7766	0.7288	0.6786	0.6129	0.5434	0.4700	0.3569	0.2196
	DAMF	0.9167	0.8328	0.7506	0.6730	0.6017	0.5317	0.4613	0.3539	0.2173
	ARmF	**0.9248**	**0.8564**	**0.7874**	**0.7191**	**0.6439**	**0.5657**	**0.4843**	**0.3649**	**0.2238**
Baboon	DBA	0.8167	0.6692	0.5412	0.4364	0.3333	0.2438	0.1635	0.0947	0.0400
	MDBUTM	0.7472	0.5957	0.4681	0.3992	0.3610	0.3107	0.2443	0.1585	0.0463
	$\bar{B}$PDF	0.7813	0.6216	0.4885	0.3777	0.2796	0.1961	0.1193	0.0577	0.0219
	NAFSMF	0.6925	0.5580	0.4651	0.3931	0.3245	0.2627	0.1970	0.1300	0.0670
	AWMF	0.7474	0.6794	0.6179	0.5581	0.4846	0.4097	0.3244	0.2357	0.1254
	DAMF	0.8489	0.7270	0.6298	0.5503	0.4697	0.3969	0.3164	0.2316	0.1240
	ARmF	**0.8741**	**0.7683**	**0.6768**	**0.5985**	**0.5107**	**0.4263**	**0.3333**	**0.2402**	**0.1275**
Jet Plane	DBA	0.8723	0.7472	0.6322	0.5322	0.4253	0.3277	0.2273	0.1429	0.0655
	MDBUTM	0.8387	0.6680	0.4846	0.4250	0.4271	0.4034	0.3333	0.2101	0.0678
	$\bar{B}$PDF	0.8327	0.7028	0.5761	0.4680	0.3574	0.2509	0.1506	0.0707	0.0291
	NAFSMF	0.7884	0.6729	0.5780	0.5000	0.4298	0.3566	0.2809	0.2108	0.1256
	AWMF	0.8137	0.7562	0.7027	0.6486	0.5868	0.5156	0.4294	0.3351	0.2119
	DAMF	0.9025	0.8128	0.7246	0.6528	0.5800	0.5062	0.4246	0.3321	0.2107
	ARmF	**0.9095**	**0.8311**	**0.7560**	**0.6874**	**0.6137**	**0.5343**	**0.4411**	**0.3421**	**0.2156**

Let $\left(\left(S_i^j\right)_n\right)$ and $\left(\left(V_i^j\right)_n\right)$ be ordered 4-tuples such that $\left(S_i^j\right)_n$ and $\left(V_i^j\right)_n$ represent the SSIM and VIF results of the n^{th} image for the i^{th} filter at the noise density of j%, respectively. Here, the first, second, third, and fourth images are Lena, Cameraman, Baboon, and Jet Plane, respectively. Then, we can construct the *ifpifs*-matrices $[a_{ij}]$ and $[b_{ij}]$ by using their membership functions,

$$\mu_{ij}^a := \frac{\min_n\left(s_i^j\right)_n}{\max_n\left(s_i^j\right)_n + \max_n\left(1-\left(s_i^j\right)_n\right)} \text{ and } \mu_{ij}^b := \frac{\min_n\left(v_i^j\right)_n}{\max_n\left(v_i^j\right)_n + \max_n\left(1-\left(v_i^j\right)_n\right)}$$

and non-membership functions,

$$\nu_{ij}^a := 1 - \frac{\max_n\left(s_i^j\right)_n}{\max_n\left(s_i^j\right)_n + \max_n\left(1-\left(s_i^j\right)_n\right)} \text{ and } \nu_{ij}^b := 1 - \frac{\max_n\left(v_i^j\right)_n}{\max_n\left(v_i^j\right)_n + \max_n\left(1-\left(v_i^j\right)_n\right)}$$

For example, the ordered 4-tuples showing the SSIM results of the aforesaid images for BPDF at noise density of 20% is $\left(\left(S_3^{20}\right)_n\right) = (0.9655, 0.9786, 0.9514, 0.9737)$. Therefore,

$$\mu_{32}^{a} = \frac{0.9514}{0.9786+0.0486} = 0.9262 \text{ and } \nu_{32}^{a} = 1 - \frac{0.9786}{0.9786+0.0486} = 0.0473$$

Similarly, the intuitionistic fuzzy values of the other filters can be computed for the *ifpifs*-matrices $[a_{ij}]$ and $[b_{ij}]$. Suppose that the success of the filters at high noise densities is more important than at the other densities. In such a case, it is expected that while the membership degrees at high noise densities are greater than the non-membership degrees, the former at low noise densities should be less than the latter. Therefore, the values in Table 1 and 2 can be represented with *ifpifs*-matrices $[a_{ij}]$ and $[b_{ij}]$ as follows:

$$[a_{ij}] = \begin{bmatrix} 0.01 & 0.05 & 0.10 & 0.35 & 0.45 & 0.50 & 0.85 & 0.90 & 0.95 \\ 0.95 & 0.90 & 0.85 & 0.50 & 0.45 & 0.35 & 0.10 & 0.05 & 0.01 \\ 0.9695 & 0.9382 & 0.8890 & 0.8324 & 0.7553 & 0.6601 & 0.5434 & 0.4196 & 0.2781 \\ 0.0237 & 0.0472 & 0.0791 & 0.1164 & 0.1666 & 0.2277 & 0.3038 & 0.3920 & 0.4961 \\ 0.9560 & 0.9196 & 0.7286 & 0.6947 & 0.7742 & 0.6960 & 0.6246 & 0.5294 & 0.2875 \\ 0.0265 & 0.0662 & 0.1978 & 0.2359 & 0.1771 & 0.1894 & 0.2282 & 0.3086 & 0.5970 \\ 0.9685 & 0.9262 & 0.8677 & 0.7973 & 0.7027 & 0.5960 & 0.4640 & 0.3017 & 0.0748 \\ 0.0201 & 0.0473 & 0.0852 & 0.1325 & 0.1958 & 0.2694 & 0.3629 & 0.4828 & 0.6464 \\ 0.9402 & 0.8788 & 0.8163 & 0.7541 & 0.6849 & 0.6127 & 0.5367 & 0.4521 & 0.3446 \\ 0.0373 & 0.0754 & 0.1144 & 0.1527 & 0.1936 & 0.2366 & 0.2842 & 0.3404 & 0.4400 \\ 0.9579 & 0.9378 & 0.9194 & 0.8983 & 0.8671 & 0.8223 & 0.7546 & 0.6576 & 0.4863 \\ 0.0268 & 0.0384 & 0.0496 & 0.0623 & 0.0818 & 0.1093 & 0.1511 & 0.2128 & 0.3227 \\ 0.9814 & 0.9585 & 0.9311 & 0.9003 & 0.8605 & 0.8114 & 0.7432 & 0.6479 & 0.4810 \\ 0.0112 & 0.0252 & 0.0422 & 0.0616 & 0.0865 & 0.1169 & 0.1590 & 0.2194 & 0.3287 \\ 0.9853 & 0.9687 & 0.9495 & 0.9252 & 0.8905 & 0.8418 & 0.7691 & 0.6675 & 0.4906 \\ 0.0088 & 0.0189 & 0.0308 & 0.0457 & 0.0672 & 0.0972 & 0.1419 & 0.2065 & 0.3196 \end{bmatrix}$$

and

$$[b_{ij}] := \begin{bmatrix} 0.01 & 0.05 & 0.10 & 0.35 & 0.45 & 0.50 & 0.85 & 0.90 & 0.95 \\ 0.95 & 0.90 & 0.85 & 0.50 & 0.45 & 0.35 & 0.10 & 0.05 & 0.01 \\ 0.7623 & 0.6086 & 0.4834 & 0.3925 & 0.3008 & 0.2216 & 0.1500 & 0.0895 & 0.0389 \\ 0.1711 & 0.3009 & 0.4098 & 0.5069 & 0.6017 & 0.6873 & 0.7674 & 0.8558 & 0.9335 \\ 0.6716 & 0.5403 & 0.4433 & 0.3758 & 0.3302 & 0.2790 & 0.2190 & 0.1463 & 0.0441 \\ 0.2272 & 0.3667 & 0.5037 & 0.5656 & 0.5844 & 0.6190 & 0.6776 & 0.7767 & 0.9087 \\ 0.7309 & 0.5686 & 0.4382 & 0.3390 & 0.2527 & 0.1796 & 0.1111 & 0.0554 & 0.0215 \\ 0.2046 & 0.3461 & 0.4588 & 0.5585 & 0.6510 & 0.7362 & 0.3320 & 0.8203 & 0.9602 \\ 0.6110 & 0.4823 & 0.4008 & 0.3411 & 0.2840 & 0.2339 & 0.1772 & 0.1183 & 0.0628 \\ 0.2713 & 0.3821 & 0.4609 & 0.5265 & 0.5911 & 0.6564 & 0.7224 & 0.7914 & 0.8747 \\ 0.6944 & 0.6192 & 0.5562 & 0.4981 & 0.4295 & 0.3614 & 0.2832 & 0.2102 & 0.1146 \\ 0.2347 & 0.2922 & 0.3440 & 0.3944 & 0.4568 & 0.5207 & 0.5897 & 0.6817 & 0.7993 \\ 0.7950 & 0.6574 & 0.5619 & 0.4902 & 0.4149 & 0.3498 & 0.2764 & 0.2064 & 0.1134 \\ 0.1415 & 0.2469 & 0.3303 & 0.4006 & 0.4685 & 0.5315 & 0.5971 & 0.6847 & 0.8012 \\ 0.8319 & 0.7061 & 0.6094 & 0.5341 & 0.4507 & 0.3741 & 0.2896 & 0.2136 & 0.1163 \\ 0.1198 & 0.2129 & 0.2910 & 0.3583 & 0.4318 & 0.5035 & 0.5792 & 0.6756 & 0.7959 \end{bmatrix}$$

In Table 3, we present the decision sets of the filters for AE20/1 and AE20/2. The results herein were obtained by MATLAB R2020b.

Table 3. Decision Sets Produced by AE20/1 and AE20/2

Methods	**Decision Sets**
AE20/1	$\{^{0.6219}\text{DBA}, ^{0.6416}\text{MDBUTMF}, ^{0.2937}\text{BPDF}, ^{0.7454}\text{NAFSMF}, ^{0.9927}\text{AWMF}, ^{0.9845}\text{DAMF}, ^{1}\text{ARmF}\}$
AE20/2	$\{^{0.1656}\text{DBA}, ^{0.1988}\text{MDBUTMF}, ^{0}\text{BPDF}, ^{0.3655}\text{NAFSMF}, ^{0.9761}\text{AWMF}, ^{0.9548}\text{DAMF}, ^{1}\text{ARmF}\}$

In Table 4, we present the ranking orders of the filters for AE20/1 and AE20/2. The results show that AE20/1 and AE20/2 produce the same ranking orders of the filters. Moreover, they also confirm both

the ranking orders provided in (Enginoğlu et al., 2019d; Enginoğlu and Memiş, 2020) and the ranking orders proposed by the experts.

Table 4. Ranking Orders of the Filters Produced by AE20/1 and AE20/2

Methods	Ranking Orders
AE20/1	BPDF≺DBA≺MDBUTMF≺NAFSMF≺DAMF≺AWMF≺ARmF
AE20/2	BPDF≺DBA≺MDBUTMF≺NAFSMF≺DAMF≺AWMF≺ARmF

6. COMPARISON RESULTS

In this section, we compare AE20/1 and AE20/2 with EA20 (Enginoğlu and Arslan, 2020), which was the only soft decision-making method in $IFPIFS_E[U]$. Firstly, we present the algorithm steps of EA20.

EA20 Algorithm Steps

Step 1. Construct two *ifpifs*-matrices $[a_{ij}]_{m\times n}$ and $[b_{ij}]_{m\times n}$ by considering the set of alternatives $U = \{u_1, u_2, \dots, u_{m-1}\}$ and the parameters set $E = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$.

Step 2. Obtain the score matrix $[s_{i1}]$ defined by $s_{i1} \coloneqq \mu_{i1} - \nu_{i1}$. Here,

$$\mu_{i1} \coloneqq \max\left\{\max_j \min_k\left(\mu_{ij}^a, \mu_{ik}^b\right), \max_k \min_j\left(\mu_{ij}^a, \mu_{ik}^b\right)\right\}$$

and

$$\nu_{i1} \coloneqq \min\left\{\max_j \min_k\left(\nu_{ij}^a, \nu_{ik}^b\right), \max_k \min_j\left(\nu_{ij}^a, \nu_{ik}^b\right)\right\}$$

such that $i \in I_{m-1}$, $J_a \coloneqq \{j \mid \mu_{0j}^a \neq 0 \vee \nu_{0j}^a \neq 1\}$, $J_b \coloneqq \{k \mid \mu_{0k}^b \neq 0 \vee \nu_{0k}^b \neq 1\}$, and

$$\max_j \min_k\left(\mu_{ij}^a, \mu_{ik}^b\right) \coloneqq \begin{cases} \max\left\{\max_{j\in J_a}\{\mu_{0j}^a \mu_{ij}^a\}, \min_{k\in J_b}\{\mu_{0k}^b \mu_{ik}^b\}\right\}, & J_a \neq \emptyset \text{ and } J_b \neq \emptyset \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\max_k \min_j\left(\mu_{ij}^a, \mu_{ik}^b\right) \coloneqq \begin{cases} \max\left\{\min_{j\in J_a}\{\mu_{0j}^a \mu_{ij}^a\}, \max_{k\in J_b}\{\mu_{0k}^b \mu_{ik}^b\}\right\}, & J_a \neq \emptyset \text{ and } J_b \neq \emptyset \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\max_j \min_k\left(\nu_{ij}^a, \nu_{ik}^b\right) \coloneqq \begin{cases} \min\left\{\max_{j\in J_a}\{\nu_{0j}^a \nu_{ij}^a\}, \min_{k\in J_b}\{\nu_{0k}^b \nu_{ik}^b\}\right\}, & J_a \neq \emptyset \text{ and } J_b \neq \emptyset \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\max_k \min_j\left(\nu_{ij}^a, \nu_{ik}^b\right) \coloneqq \begin{cases} \min\left\{\min_{j\in J_a}\{\nu_{0j}^a \nu_{ij}^a\}, \max_{k\in J_b}\{\nu_{0k}^b \nu_{ik}^b\}\right\}, & J_a \neq \emptyset \text{ and } J_b \neq \emptyset \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

Step 3. Obtain the decision set $\left\{{}^{\mu(u_k)}u_k : u_k \in U\right\}$ such that $\mu(u_k) = \frac{s_{k1} + \left|\min_i s_{i1}\right|}{\max_i s_{i1} + \left|\min_i s_{i1}\right|}$

Step 4. Choose the most suitable alternatives u_k with respect to $\mu(u_k)$

Secondly, we apply EA20 to the *ifpifs*-matrices $[a_{ij}]$ and $[b_{ij}]$ provided in Section 5. Tables 5 and 6 present the decision set produced by EA20 and the ranking orders of the filters produced by the considered methods herein, respectively.

Table 5. Decision Set Produced by EA20

Method	Decision Set
EA20	$\{{}^{0.8136}\text{DBA}, {}^{0.8791}\text{MDBUTMF}, {}^{0.7471}\text{BPDF}, {}^{0.8086}\text{NAFSMF}, {}^{0.9881}\text{AWMF}, {}^{0.9787}\text{DAMF}, {}^{1}\text{ARmF}\}$

Table 6. Ranking Orders of the Filters Produced by AE20/1, AE20/2, and EA20

Methods	Ranking Orders
AE20/1	BPDF≺DBA≺MDBUTMF≺NAFSMF≺DAMF≺AWMF≺ARmF
AE20/2	BPDF≺DBA≺MDBUTMF≺NAFSMF≺DAMF≺AWMF≺ARmF
EA20	BPDF≺NAFSMF≺DBA≺MDBUTMF≺DAMF≺AWMF≺ARmF

Consequently, the three methods herein, i.e., AE20/1, AE20/2, and EA20, agree that ARmF outperforms the other filters just as they reveal that BPDF exhibits minimum performance. Moreover, the methods produce the same ranking order, except for NAFSMF.

7. CONCLUSION

In this paper, we defined algebraic sum and algebraic product on *ifpifs*-matrices. We then suggested two new soft decision-making methods, denoted by AE20/1 and AE20/2. Afterwards, we applied them to a PVA problem. The results showed that AE20/1 and AE20/2 succeeded in PVA to the known filters used in image processing. Moreover, we compared the proposed methods with EA20, having been the only soft decision-making method in $IFPIFS_E[U]$. In the future, different soft decision-making methods can be developed by using operations, such as Einstein sum/product, and applied to a different area, such as archaeology (Enginoğlu et al, 2019a).

REFERENCES

Atanassov KT. 1986. Intuitionistic fuzzy sets. Fuzzy Sets and Systems 20 (1), 87-96.

Chetia B, Das, PK. 2012. Some results of intuitionistic fuzzy soft matrix theory. Advances in Applied Science Research 3 (1), 412-423.

Çağman N, Çıtak F, Enginoğlu S. 2010. Fuzzy parameterized fuzzy soft set theory and its applications. Turkish Journal of Fuzzy Systems 1 (1), 21-35.

Çağman N, Çıtak F, Enginoğlu S. 2011a. FP-Soft set theory and its applications. Annals of Fuzzy Mathematics and Informatics 2 (2), 219-226.

Çağman N, Enginoğlu S. 2010. Soft matrix theory and its decision making. Computers and Mathematics with Applications 59 (10), 3308-3314.

Çağman N, Enginoğlu S. 2012. Fuzzy soft matrix theory and its application in decision making. Iranian Journal of Fuzzy Systems 9 (1), 109-119.

Çağman N, Enginoğlu S, Çıtak F. 2011b. Fuzzy soft set theory and its applications. Iranian Journal of Fuzzy Systems 8 (3), 137-147.

Deli İ, Çağman N. 2015. Intuitionistic fuzzy parameterized soft set theory and its decision making. Applied Soft Computing 28, 109-113.

Enginoğlu S, Arslan B., 2020. Intuitionistic fuzzy parameterized intuitionistic fuzzy soft matrices and their application in decision-making. Computational and Applied Mathematics 39 (4), pp. 20.

Enginoğlu S., Ay M., Çağman N., Tolun V., 2019a. Classification of the monolithic columns produced in Troad and Mysia Region ancient granite quarries in Northwestern Anatolia via soft decision-making, Bilge International Journal of Science and Technology Research 3(Special Issue): 21-34.

Enginoğlu S, Çağman N. 2020. Fuzzy parameterized fuzzy soft matrices and their application in decision-making. TWMS Journal of Applied and Engineering Mathematics 10 (4), 1105-1115.

Enginoğlu S, Memiş S. 2018. Comment on "Fuzzy soft sets" [The Journal of Fuzzy Mathematics, 9(3), 2001, 589-602]. International Journal of Latest Engineering Research and Applications 3 (9), 1-9.

Enginoğlu S, Memiş S. 2020. A new approach to the criteria-weighted fuzzy soft max-min decision-making method and its application to a performance-based value assignment problem. Journal of New Results in Science 9 (1), 19-36.

Enginoğlu S, Öngel T. 2020. Configurations of several soft decision-making methods to operate in fuzzy parameterized fuzzy soft matrices space. Eskişehir Technical University Journal of Science and Technology A-Applied Sciences and Engineering 21 (1), 58-71.

Enginoğlu S, Erkan U, Memiş S. 2019b. Pixel similarity-based adaptive Riesz mean filter for salt-and-pepper noise removal. Multimedia Tools and Applications 78, 35401-35418.

Enginoğlu S, Memiş S, Arslan B. 2018a. Comment (2) on soft set theory and uni-int decision making [European Journal of Operational Research, (2010) 207, 848-855]. Journal of New Theory (25), 84-102.

Enginoğlu S, Memiş S, Çağman N. 2019c. A generalisation of fuzzy soft max-min decision-making method and its application to a performance-based value assignment in image denoising. El-Cezerî Journal of Science and Engineering 6 (3), 466-481.

Enginoğlu S, Memiş S, Karaaslan F. 2019d. A new approach to group decision-making method based on TOPSIS under fuzzy soft environment. Journal of New Results in Science 8 (2), 42-52.

Enginoğlu S, Memiş S, Öngel T. 2018b. Comment on soft set theory and uni-int decision making [European Journal of Operational Research, (2010) 207, 848-855]. Journal of New Results in Science 7 (3), 28-43.

Erkan U, Gökrem L. 2018. A new method based on pixel density in salt and pepper noise removal. Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences 26 (1),162-171.

Erkan U, Gökrem L, Enginoğlu S. 2018. Different applied median filter in salt and pepper noise. Computers & Electrical Engineering 70, 789-798.

Esakkirajan S, Veerakumar T, Subramanyam AN, PremChand CH. 2011. Removal of high-density salt and pepper noise through modified decision based unsymmetric trimmed median filter. IEEE Signal Processing Letters 18 (5), 287-290.

Karaaslan F., 2016. Intuitionistic fuzzy parameterized intuitionistic fuzzy soft sets with applications in decision making. Annals of Fuzzy Mathematics and Informatics 11 (4), 607-619.

Maji PK, Biswas R, Roy AR. 2001a. Fuzzy soft sets. The Journal of Fuzzy Mathematics 9 (3), 589-602.

Maji PK, Biswas R, Roy AR. 2001b. Intuitionistic fuzzy soft sets. The Journal of Fuzzy Mathematics 9 (3), 677-692.

Molodtsov D., 1999. Soft set theory-first results. Computers Mathematics with Applications 37 (4-5), 19-31.

Pattnaik A, Agarwal S, Chand S. 2012. A new and efficient method for removal of high-density salt and pepper noise through cascade decision-based filtering algorithm. Procedia Technology 6, 108-117.

Sheikh HR, Bovik AC. 2006. Image information and visual quality. IEEE Transactions on Image Processing 15 (2), 430-444.

Tang Z, Yang K., Liu K, Pei Z. 2016. A new adaptive weighted mean filter for removing high density impulse noise. In: Eighth International Conference on Digital Image Processing (ICDIP 2016), Vol. 10033, International Society for Optics and Photonics, pp. 1003353/1-5.

Toh K, Isa N. 2010. Noise adaptive fuzzy switching median filter for salt-and-pepper noise reduction. IEEE Signal Processing Letters 17 (3), 281-284.

Wang Z, Bovik A, Sheikh H, Simoncelli E. 2004. Image quality assessment: from error visibility to structural similarity. IEEE Transactions on Image Processing 13 (4), 600-612.

Zadeh LA. 1965. Fuzzy sets. Information and Control 8 (3), 338-353.

NUMERICAL SIMULATIONS OF MASS-SPRING-DAMPER SYSTEM USING A HYBRID METHOD

Nuri Akkaş
Sakarya University of Applied Science, Department of Mechanical Engineering
ORCID ID: 0000-0001-7477-7777
nuriakkas@subu.edu.tr

Osman Ünal
Sakarya University of Applied Science, Department of Mechanical Engineering
ORCID ID: 0000-0003-1101-6561
osmanunal@subu.edu.tr

Abstract
One of ways to reduce the numerical errors is to minimize the time step intervals in numerical simulations, but it causes the total simulation time to increase significantly. One another way to diminish the numerical errors is to use higher order finite difference approximation for first and second derivatives instead of the using first order accurate schemes. Central difference method is second order accurate scheme and it is suitable for approximation of first and second derivatives. However, numerical approximation of first derivative using central difference technique does not include current time step values. On the other hand, approximation of first derivative should depend mostly on current time step values. Ignoring of the current time step values to approximate first derivative leads to large numerical errors especially for some critical points like the use of arbitrary external force. Third order accurate Quick method depends not only next and previous time step values but also current and two previous time step data for numerical approximation of the first derivative. This study proposes the combination of Quick and central difference technique as Hybrid method to approximate first and second derivative respectively. According to order of convergence, proposed Hybrid method is more accurate than other techniques.

Keywords: Higher order schemes, Quick Method, Mass-spring-damper system.

1. INTRODUCTION

The equations of motion of mass-spring-damper systems include first and second derivatives. The main numerical errors arise from the approximations of first and second derivatives. There are a number of the studies to approximate the derivatives. Euler's method [1] has been used to calculate the first derivative numerically. It is based on the expansion of the Taylor series. In order to solve equations of mass-spring-damper systems using Euler's method, it is required to transform system of higher-order differential equations into first-order differential equations. Euler's method is the one of the simplest methods of numerically determining the first derivative, but it is only first order accurate. Another method to predict numerical derivatives is the central difference method [2]. It can be applied to first or second derivatives and it has second order accuracy. One another technique to approximate first derivative numerically is the Quick method [3] which has third order accuracy. Main objective of this study is to propose combination of central difference and Quick method to calculate second and first derivatives respectively.

2. PREVIOUS STUDIES

2.1. Euler Method

The equation of motion of mass-spring-damper systems can be expressed as:

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = f(t) \quad (1)$$

In equation 1; m is mass, c is damping coefficient, k is stiffness coefficient, f(t) is external load, $\ddot{x}$ is acceleration, $\dot{x}$ is velocity and x is displacement. Matrix form of the equation 1 is:

$$\begin{bmatrix} m & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \ddot{x} \\ \dot{x} \end{bmatrix}+\begin{bmatrix} c & k \\ -1 & 0 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \dot{x} \\ x \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} f(t) \\ 0 \end{bmatrix} \tag{2}$$

Equation 2 includes second derivatives, so it is required to transform equation 2 into first-order differential equations.

$$\vec{Y}=\begin{bmatrix} \dot{x} \\ x \end{bmatrix} \tag{3}$$

$$\dot{\vec{Y}}=\begin{bmatrix} \ddot{x} \\ \dot{x} \end{bmatrix} \tag{4}$$

Put equations 3 and 4 into equation 2:

$$[A]\dot{\vec{Y}}+[B]\vec{Y}=\vec{F} \tag{5}$$

Equation 5 is first-order ordinary differential equation.

$$\dot{\vec{Y}}=[A]^{-1}\left(\vec{F}-[B]\vec{Y}\right) \tag{6}$$

Equation 7 implies discretization of equation 6 using backward finite difference technique.

$$\frac{\vec{Y}_{t+1}-\vec{Y}_t}{\Delta t}=[A]^{-1}\left(\vec{F}-[B]\vec{Y}_t\right) \tag{7}$$

$$\vec{Y}_{t+1}=\vec{Y}_t+\Delta t[A]^{-1}\left(\vec{F}-[B]\vec{Y}_t\right) \tag{8}$$

Equation 8 can be defined as one step Euler's Method. The matrix form of the equation 8 is:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_{t+1} \\ x_{t+1} \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} \dot{x}_t \\ x_t \end{bmatrix}+\Delta t\begin{bmatrix} m & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}^{-1}\left(\begin{bmatrix} f(t) \\ 0 \end{bmatrix}-\begin{bmatrix} c & k \\ -1 & 0 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \dot{x}_t \\ x_t \end{bmatrix}\right) \tag{9}$$

By means of the equation 9, next time step data can be found only using one time step earlier values. Therefore, it is very easy to generate numerical code in Matlab environment but it is only first order accurate.

2.3. Central Difference Method

Central difference technique is used to predict next time step data using one and two earlier time step values. It is applicable for determining first and second numerical derivatives.

$$\dot{x}_t=\frac{x_{t+1}-x_{t-1}}{2\Delta t} \tag{10}$$

$$\ddot{x}_t=\frac{x_{t+1}-2x_t+x_{t-1}}{\Delta t^2} \tag{11}$$

Equations 10 and 11 show first and second numerical derivatives using central difference method. Equation 12 can be obtained by adding equations 10 and 11 to the equation of motion of the mass-spring-damping system.

$$m\frac{x_{t+1}-2x_t+x_{t-1}}{\Delta t^2}+c\frac{x_{t+1}-x_{t-1}}{2\Delta t}+kx_t=f(t) \tag{12}$$

When equation 12 is rearranged in order to leave the next time step value, equation 13 can be obtained.

$$x_{t+1} = \left[f(t) - kx_t + c\frac{x_{t-1}}{2\Delta t} + m\frac{2x_t - x_{t-1}}{\Delta t^2} \right] / \left(m\frac{1}{\Delta t^2} + c\frac{1}{2\Delta t} \right) \quad (13)$$

This is the solution of equations mass-spring-damper systems using central difference method.

Main contribution of central difference technique over first order accurate Euler's method is that central difference method has second order accuracy. According to equation 10, first derivative does not depend on current time step data (x_t). If current time step values are very far away from the next and previous time step data, numerical errors will be significant so as to calculate first derivative using central difference technique.

3. HYBRID METHOD

Third order finite difference approximation for first derivative can be calculated by Quick method [3]. It depends on not only next (x_{t+1}) and previous (x_{t-1}) time step but also current (x_t) and two previous (x_{t-2}) time step values. Therefore, it is more accurate than central difference technique to estimate first derivative numerically.

$$\dot{x}_t = \frac{\frac{1}{3}x_{t+1} + \frac{1}{2}x_t - x_{t-1} + \frac{1}{6}x_{t-2}}{\Delta t} \quad (14)$$

Equation 14 represents numerical approximation of first derivative using Quick method. In equation of motion of mass-spring-damper systems, combination of Quick and central difference techniques may be used to approximate first and second derivatives respectively.

3.1. Harmonic External Force

In this section, numerical solutions of proposed hybrid method will be validated by analytical solution and Matlab/Simulink environment. If the external load is harmonic as equation 15, analytical solution is available for mass-spring-damper systems.

$$f(t) = \bar{f}\sin(w_e t) \quad (15)$$

Following analytical solution (equation 16) [4] can be used for harmonic external load or free vibration response of mass-spring-damper systems.

$$x(t) = e^{-\xi\omega t}\left[\frac{\dot{x}(0) + \xi\omega x(0)}{\omega_d}\sin(\omega_d t) + x(0)\cos(\omega_d t) \right] + \frac{\bar{f}}{m\omega^2}\frac{1}{\left(1-\Omega^2\right)^2 + (2\xi\Omega)^2}$$
$$\times \left\{ \begin{array}{l} \left(1-\Omega^2\right)\left[-e^{-\xi\omega t}\left(\frac{\omega_e}{\omega_d} \right)\sin(\omega_d t) + \cos(\omega_e t) \right] \\ + 2\xi\Omega\left[e^{-\xi\omega t}\left(\frac{\xi\omega}{\omega_d}\sin(\omega_d t) + \cos(\omega_d t) \right) - \cos(\omega_e t) \right] \end{array} \right\} \quad (16)$$

In equation 16; ξ, ω, ω_d, ω_e, $\bar{f}$ and Ω are represented by damping ratio, undamped natural frequency, damped natural frequency, exciting frequency, amplitude of f(t) and undamped natural frequency over exciting frequency [4].

The governing equation of mass-spring-damper system can be modified as:

$$\ddot{x} = \frac{1}{m}\left[f(t) - c\dot{x} - kx \right] \quad (17)$$

Following figure 1 shows model of the mass-spring-damper system in Matlab/Simulink environment using equation 17. In figure 1, 1/s box is integrator block, triangle blocks are gain or coefficient such as

m, c, k. In order to get harmonic external force, sinusoidal waveform was selected using sine wave block.

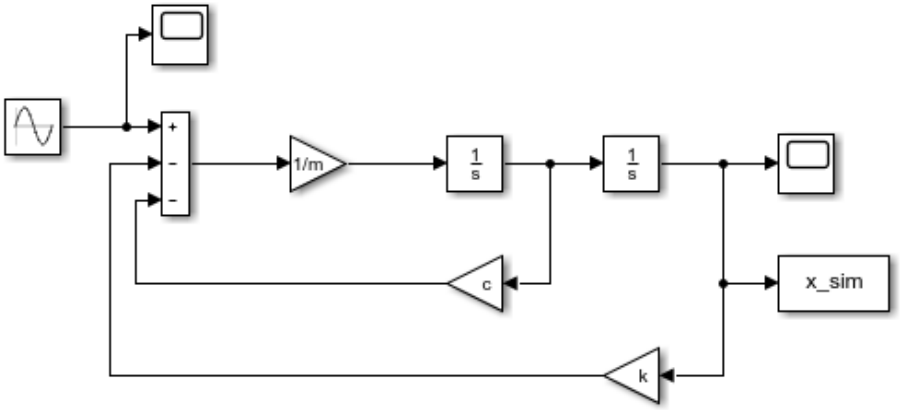


Figure 1. Mass-spring-damper system in Matlab/Simulink.

Harmonic force (figure 2) can be generated by

$$f(t) = \bar{f} \times \sin(w_e t) \tag{18}$$

In equation 18, $\bar{f}$ is amplitude of sinusoidal force (20 Newton) and w_e is exciting frequency (20 rad/s).

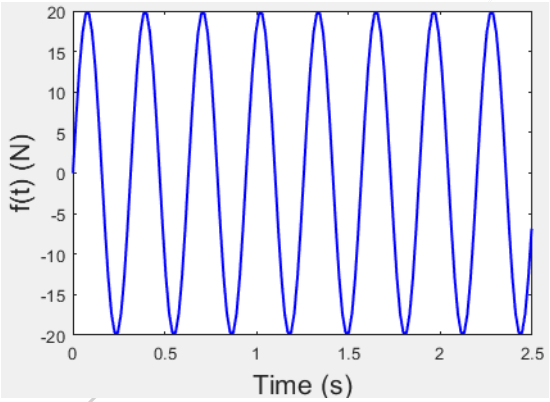


Figure 2. Harmonic external force.

It is important note that open source Matlab codes for all numerical and analytical simulations were added to Appendix A. Also all Matlab files link was added to Appendix B.

It is assumed in all the simulations below that initial displacement is 0.1 meter according to original position, initial velocity is 1 meter/sec, mass is 1 kg, stiffness coefficient is 25 N/m. All results of free motion response simulations and underdamped simulations with harmonic external force were added to Appendix C and D respectively. Figure 3 shows validation of overdamped mass-spring-damper system with harmonic external force for large time step. Validation of overdamped mass-spring-damper system with harmonic external force for small time step was added to Appendix D.

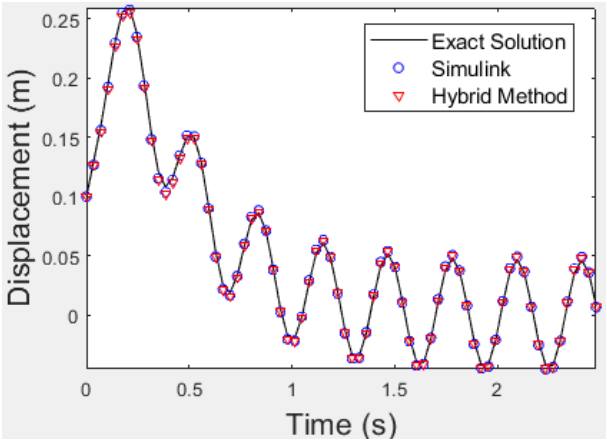


Figure 3. Simulation for harmonic external force, overdamped(c=11), large time step(dt=0.09sec).

Figure 4 shows order of convergence of overdamped simulations with harmonic external force for Euler's method, central difference method, Matlab/Simulink Heun method and proposed Hybrid method. According to figure 4, proposed hybrid method is more accurate than other methods.

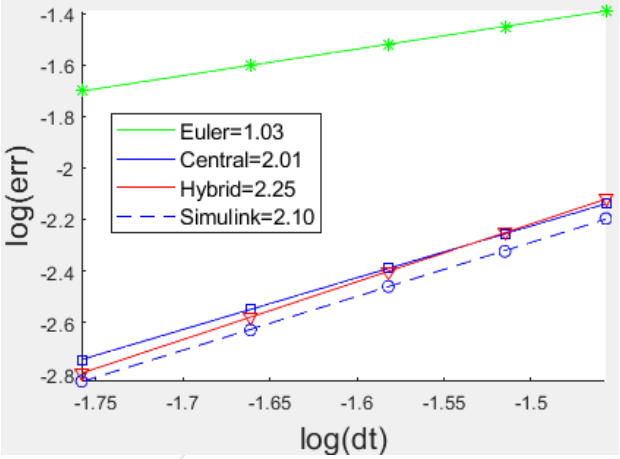


Figure 4. Order of convergence for harmonic external force and overdamped(c=11).

3.2. Arbitrary External Force

Equation 16 is not applicable for arbitrary external force. This analytical solution is only valid for harmonic external force or free vibration response. Therefore, proposed hybrid model for arbitrary external force will be validated with Matlab/Simulink Heun technique using pulse generator block. Equation 18 and figure 5 represents piecewise linear function for arbitrary external force.

$$f(t)=\begin{cases}0 & if \quad x<0.27\\ 20 & if \quad 0.27\le x\le 0.54\\ 0 & if \quad 0.54<x\end{cases} \tag{18}$$

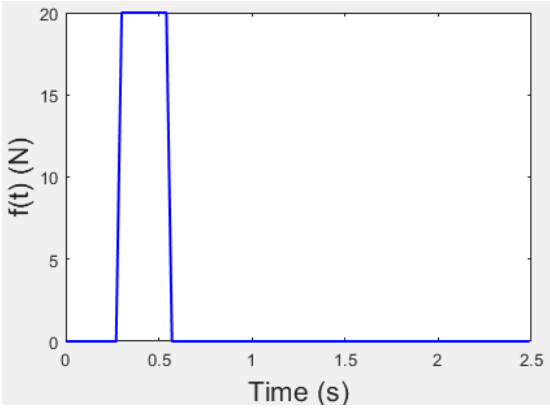


Figure 5. Arbitrary force.

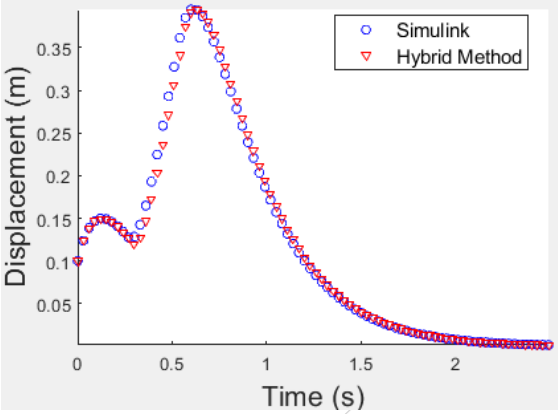


Figure 6. Simulation for arbitrary external force, overdamped(c=11), small time step(dt=0.03sec).

Numerical simulations of underdamped system with arbitrary external force were added to Appendix E. Figure 6 shows overdamped numerical simulations for small time step interval. Results of the Hybrid method and Simulink Heun technique are very close to each other. This implies, proposed Hybrid method is also valid in case of arbitrary external force.

4. CONCLUSION

In numerical simulations, there are two usual alternatives to diminish numerical errors. The first way is to decrease time step intervals. Using small time step intervals leads to very large total simulation time. Second way to reduce the numerical errors is to use higher order finite difference approximation instead of the using first order accurate schemes in order to calculate first and second derivatives. Central difference method can be used to approximate first and second derivatives and it has second order accuracy. Nevertheless, central difference approximation of first derivative does not involve current time step values. Discarding of current time step values causes significant numerical errors because approximation of first derivative primarily depends on current time step values. On the other hand, numerical approximation of the first derivative using Quick method depends not only next and previous time step data but also current and two previous time step data and it is third order accurate. This study proposes novel Hybrid method which is combination of Quick and central difference technique to approximate first and second derivative respectively. The proposed Hybrid method has highest order of convergence compared to other techniques.

REFERENCES

1. Esfandiari, R. S. (2017). Numerical methods for engineers and scientists using MATLAB®. Crc Press.
2. Schwendt, M., & Pötz, W. (2020). Transparent boundary conditions for higher-order finite-difference schemes of the Schrödinger equation in (1+ 1) D. Computer Physics Communications, 250, 107048.

3. Leonard, B. P. (1994). Comparison of truncation error of finite-difference and finite-volume formulations of convection terms. Applied mathematical modelling, 18(1), 46-50.
4. Wu, J. S. (2013). Analytical and numerical methods for vibration analyses. John Wiley & Sons.

APPENDIX A

```
tic
clc
clearvars
close all
% Mass-Spring-Damper System
% SDOF
%% Input Data
p=5;              %Points for order of convergence
err=zeros(p,4);    %Error matrix
dt_i=0.03;        %Initial time step
dt_f=0.09;        %Final time step
i=1;              %First time step loop

%Time step loop (second)
for dt=linspace(dt_i,dt_f,p)
m=1;              %kg
k=25;             %N/m
c=5;              %N s/m (xi=0.05)
w=sqrt(k/m);      %Undamped natural frequency
xi=c/(2*m*w);     %Damping ratio
wd=w*sqrt(1-xi^2); %Damped natural frequency
x0=0.1;           %Initial condition (displacement)
dx0=1;            %Initial condition (velocity)
tf=2.5;           %Final time (second)
t=0:dt:tf;        %Time (second)
%External Force
F_ex='Harmonic';   %Harmonic or Arbitrary
f=0;              %N (Amplitude)
if isequal(F_ex,'Harmonic')
we=0;             %rad/s
omega=we/w;       %Frequency ratio
ft=@(tn) f*sin(we*tn);
elseif isequal(F_ex,'Arbitrary')
prd=10000000;
pw=1;
pd=1;
st=0.9;
ft=@(tn) ( (tn>pd*st)-(tn>(pd+pw)*st) )*f;
end
%% Output Data
%% Exact solution
if isequal(F_ex,'Harmonic')
x_exact=zeros(1,length(t));
for n=1:length(t)
x_exact(n)=exp(-xi*w*t(n))*((dx0+xi*w*x0)/wd*sin(wd*t(n))...
   +x0*cos(wd*t(n)))+f/(m*w^2*((1-omega^2)^2+(2*xi*omega)^2))...
   *((1-omega^2)*(-exp(-xi*w*t(n))*we/wd*sin(wd*t(n))...
   +sin(we*t(n)))+2*xi*omega*(exp(-xi*w*t(n))*(xi*w/wd...
   *sin(wd*t(n))+cos(wd*t(n)))-cos(we*t(n))));
end
end
%% Explicit Euler Method
A=[m 0;0 1];
B=[c k;-1 0];
```

```
Y0=[dx0;x0];
Y=zeros(2,length(t));
Y(:,1)=Y0;
for n=2:length(t)
F=[ft(t(n-1));0];
Y(:,n)=Y(:,n-1)+dt*A^-1*(F-B*Y(:,n-1));
end
x_eem=Y(2,:);
%% Central Difference Method
x_dt=x0-dt*dx0+1/2*dt^2*(ft(t(1))-c*dx0-k*x0)/m;
x_cdm=zeros(1,length(t));
x_cdm(1)=x0;
x_cdm(2)=(ft(t(1))-(k-2/dt^2*m)*x_cdm(1)...
   -(1/dt^2*m-1/(2*dt)*c)*x_dt)/(1/dt^2*m+1/(2*dt)*c);
for n=3:length(t)
x_cdm(n)=(ft(t(n-1))-(k-2/dt^2*m)*x_cdm(n-1)...
   -(1/dt^2*m-1/(2*dt)*c)*x_cdm(n-2))/(1/dt^2*m+1/(2*dt)*c);
end
%% Quick Difference Method
x_dt=x0-dt*dx0+1/2*dt^2*(ft(t(1))-c*dx0-k*x0)/m;
x_qdm=zeros(1,length(t));
x_qdm(1)=x0;
x_qdm(2)=(ft(t(1))-(k-2/dt^2*m)*x_qdm(1)...
   -(1/dt^2*m-1/(2*dt)*c)*x_dt)/(1/dt^2*m+1/(2*dt)*c);
x_qdm(3)=(ft(t(2))-(k-2/dt^2*m)*x_qdm(2)...
   -(1/dt^2*m-1/(2*dt)*c)*x_qdm(1))/(1/dt^2*m+1/(2*dt)*c);
for n=4:length(t)
x_qdm(n)=(ft(t(n-1))-m/dt^2*(-2*x_qdm(n-1)+x_qdm(n-2))...
   -c/dt*(1/2*x_qdm(n-1)-x_qdm(n-2)+1/6*x_qdm(n-3))...
   -k*x_qdm(n-1))/(m/dt^2+c/(3*dt));
end
%% Simulink Heun Method
if isequal(F_ex,'Harmonic')
sim('simH')
elseif isequal(F_ex,'Arbitrary')
sim('simA')
end
%% Plot Solution
figure(i*2-1)
set(gcf, 'Units', 'Normalized', 'OuterPosition', [0.2 0.2 0.35 0.55]);
plot(t,ft(t),'b-','lineWidth',1.5)
xlabel('Time (s)','fontsize',16)
ylabel('f(t) (N)','fontsize',16)

figure(i*2)
set(gcf, 'Units', 'Normalized', 'OuterPosition', [0.2 0.2 0.35 0.55]);
if isequal(F_ex,'Harmonic')
plot(t,x_exact,'k-','lineWidth',0.8)
end
hold on
plot(t,x_sim,'bo','MarkerSize',5)
plot(t,x_qdm,'rv','MarkerSize',4)
xlabel('Time (s)','fontsize',16)
ylabel('Displacement (m)','fontsize',16)
axis tight
if isequal(F_ex,'Harmonic')
legend({'Exact Solution','Simulink','Hybrid Method'},...
   'Location','Best','fontsize',11)
else
legend({'Simulink','Hybrid Method'},'Location','Best','fontsize',11)
```

```
end
%% Error
if isequal(F_ex,'Harmonic')
err(i,1)=norm(x_exact-x_eem,inf);
err(i,2)=norm(x_exact-x_cdm,inf);
err(i,3)=norm(x_exact-x_qdm,inf);
err(i,4)=norm(x_exact-x_sim',inf);
end
i=i+1;
end
%% Order of Convergence
if isequal(F_ex,'Harmonic')
o_eem=polyfit(log10(linspace(dt_i,dt_f,p)'),log10(err(:,1)),1);
o_cdm=polyfit(log10(linspace(dt_i,dt_f,p)'),log10(err(:,2)),1);
o_qdm=polyfit(log10(linspace(dt_i,dt_f,p)'),log10(err(:,3)),1);
o_sim=polyfit(log10(linspace(dt_i,dt_f,p)'),log10(err(:,4)),1);

figure(i*2-1)
set(gcf, 'Units', 'Normalized', 'OuterPosition', [0.2 0.2 0.35 0.55]);
hold on
plot(log10(linspace(dt_i,dt_f,p*20)),...
   polyval(o_eem,log10(linspace(dt_i,dt_f,p*20))),'g-')
plot(log10(linspace(dt_i,dt_f,p*20)),...
   polyval(o_cdm,log10(linspace(dt_i,dt_f,p*20))),'b-')
plot(log10(linspace(dt_i,dt_f,p*20)),...
   polyval(o_qdm,log10(linspace(dt_i,dt_f,p*20))),'r-')
plot(log10(linspace(dt_i,dt_f,p*20)),...
   polyval(o_sim,log10(linspace(dt_i,dt_f,p*20))),'b--')

plot(log10(linspace(dt_i,dt_f,p)),log10(err(:,1)),'g*')
plot(log10(linspace(dt_i,dt_f,p)),log10(err(:,2)),'bs')
plot(log10(linspace(dt_i,dt_f,p)),log10(err(:,3)),'rv')
plot(log10(linspace(dt_i,dt_f,p)),log10(err(:,4)),'bo')

xlabel('log(dt)','fontsize',16)
ylabel('log(err)','fontsize',16)
axis tight
legend({sprintf('Euler=%.2f',o_eem(1)),...
   sprintf('Central=%.2f',o_cdm(1)),sprintf('Hybrid=%.2f',o_qdm(1)),...
   sprintf('Simulink=%.2f',o_sim(1))},'Location','Best','fontsize',11)
end
toc
```

APPENDIX B

In order to reach Matlab files, please use following Google Drive link:
https://drive.google.com/drive/folders/1RQn9rgrtEjv1IG9URDReIGww6OjrImYV?usp=sharing

APPENDIX C

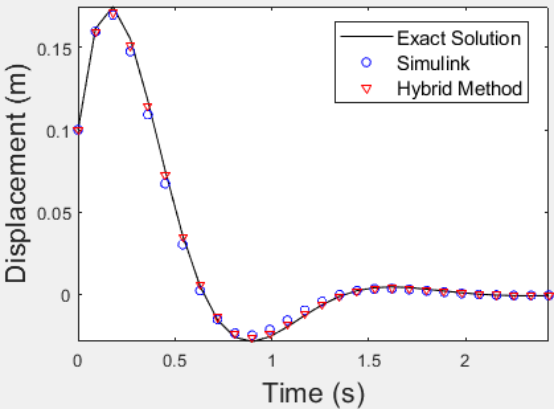


Figure 7. F=0 c=5 dt=0.09sec.

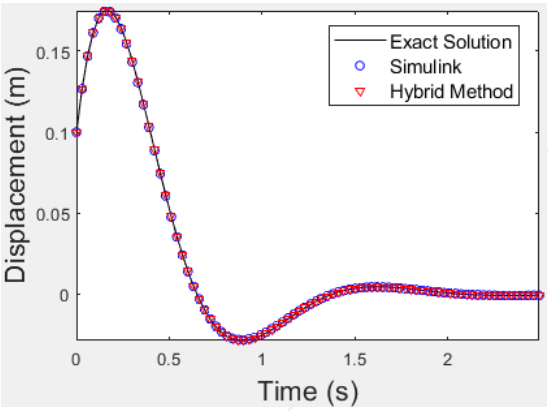


Figure 8. F=0 c=5 dt=0.03sec.

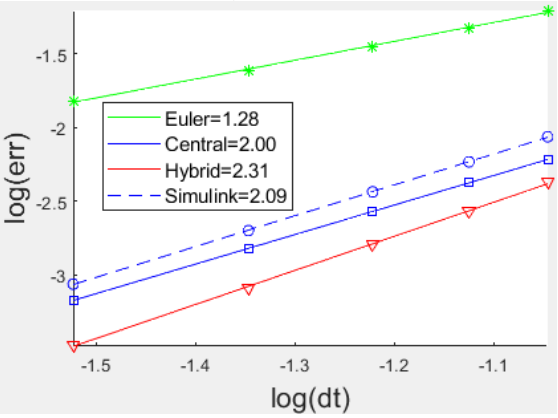


Figure 9. F=0 and c=5.

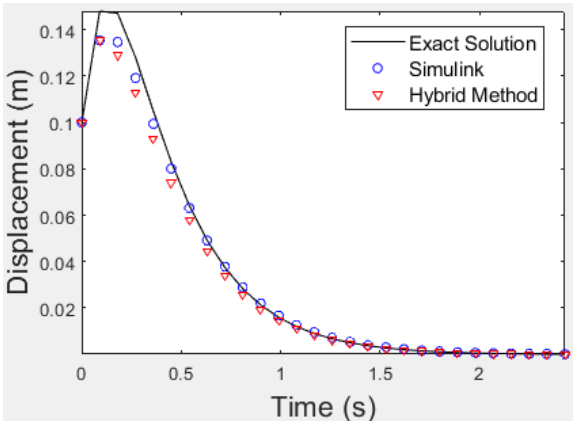


Figure 10. F=0 c=11 dt=0.09sec.

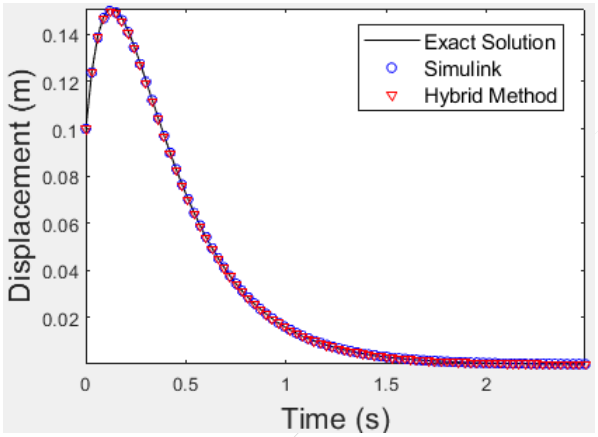


Figure 11. F=0 c=11 dt=0.03sec.

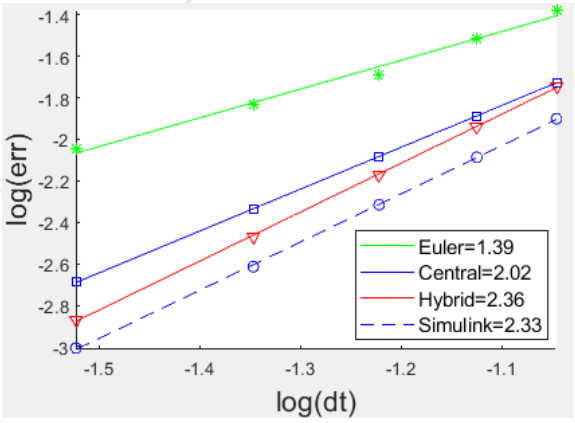


Fig 12. F=0 and c=11.

APPENDIX D

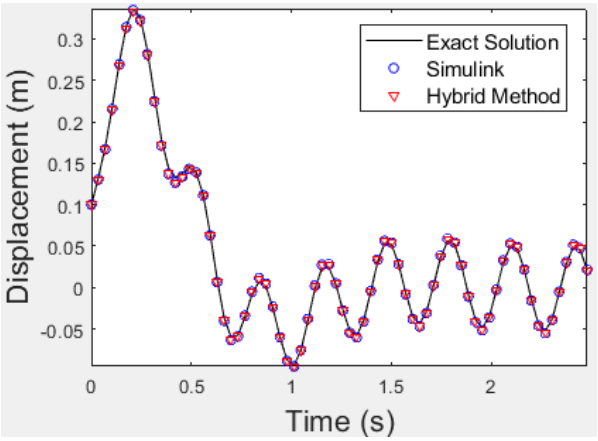


Figure 13. F:harmonic c=5 dt=0.09sec.

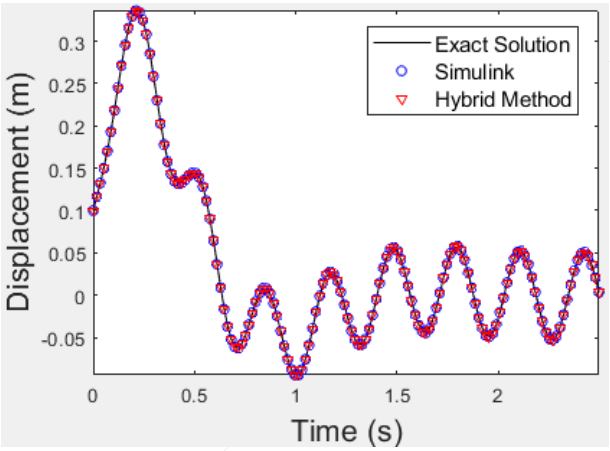


Figure 14. F:harmonic c=5 dt=0.03sec.

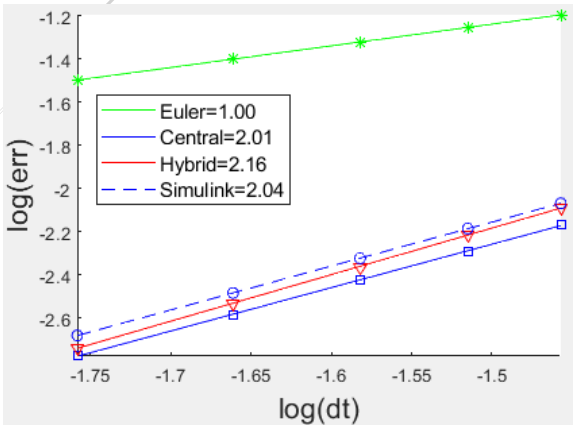


Figure 15. F:harmonic and c=5.

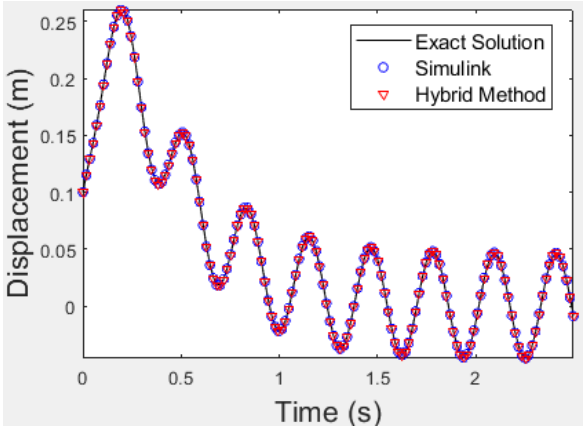


Figure 16. F:harmonic c=11 dt=0.03sec.

APPENDIX E

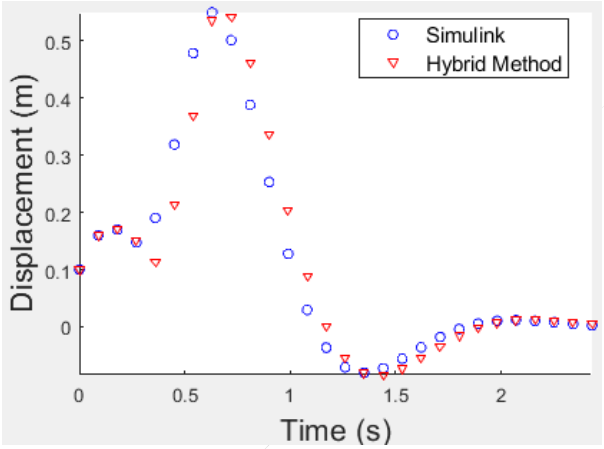


Figure 17. F:arbitrary c=5 dt=0.09sec.

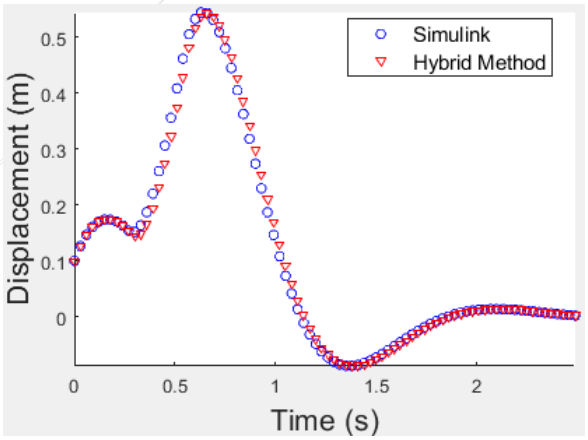


Figure 18. F:arbitrary c=5 dt=0.03sec.

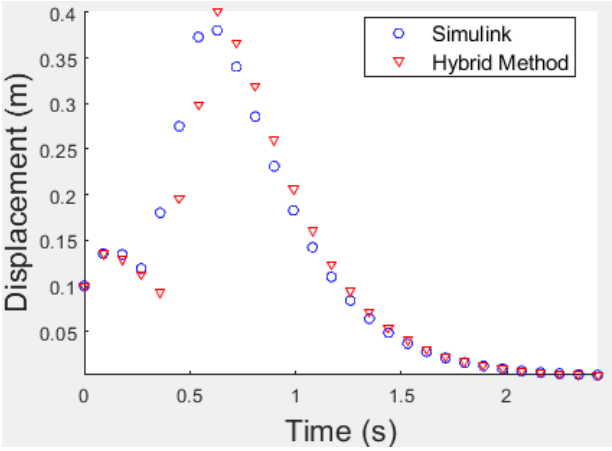


Figure 19. F:arbitrary c=11 dt=0.09sec.

KÜRESEL UÇLU PARMAK FREZELEME İŞLEMİ İÇİN HİBRİT KESME KUVVETİ TAHMİNİ

Mehmet Aydın
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi / Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi / Endüstriyel Tasarım Bölümü
mehmet.aydin@bilecik.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, kesme mekaniği yaklaşımı ile birleştirilen sonlu eleman (SE) yönteminden yararlanarak sayısal-analitik hibrit kesme kuvveti modeli sunulmuştur. Deneysel çalışma gereksinimini ortadan kaldıran bu model, kaplamasız tungsten karbür takımla 20NiCrMo5 çeliğinin küresel uçlu parmak frezeleme işlemi için geliştirilmiştir. Hibrit modelleme için gerekli kesme kuvveti katsayıları, iki boyutlu (2B) dik kesme işleminin Arbitrary Lagrangian Eulerian (ALE) SE benzetimlerinden elde edilmiştir. Belirli bir takım-iş parçası çifti ve kesme koşulları için elde edilen bu katsayılar, eğik kesme modeli kullanılarak küresel uçlu parmak frezelemedeki kuvvet sistemine aktarılmıştır. Hibrit model kuvvet tahminleri deneysel frezeleme sonuçlarıyla doğrulanmıştır. Sonuçlar, tahmin edilen ve ölçülen kuvvet eğilimleri arasında iyi bir uyum olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Kesme kuvvetleri, Kesme mekaniği, Küresel uçlu parmak frezeleme, Sonlu eleman yöntemi

HYBRID CUTTING FORCE PREDICTION FOR BALL-END MILLING PROCESS

Abstract

In this study, a numerical-analytical hybrid cutting force model is presented by using the finite element (FE) method combined with a mechanics of cutting approach. This model is developed for the ball-end milling process of 20NiCrMo5 steel with an uncoated tungsten carbide tool, which eliminates the need for experimental study. The required cutting force coefficients for hybrid modeling are obtained from Arbitrary Lagrangian Eulerian (ALE) FE simulations of two-dimensional (2D) orthogonal cutting process. These coefficients obtained for the given tool-material pair and cutting conditions are transferred to the force system in ball-end milling using an oblique cutting model. The hybrid model force predictions are validated with experimental milling results. The results indicate a good agreement between predicted and measured force trends.

Keywords: Cutting forces, Mechanics of cutting, Ball-end milling, Finite element method

1. GİRİŞ

Küresel uçlu parmak frezeleme kalıp, havacılık ve biyomedikal sektörlerinde kullanılan bileşenlerin üretiminde tercih edilen en yaygın süreçlerden biridir (Gonzalo ve ark., 2009). Frezeleme işlemlerinde kesme kuvvetlerinin tahmini, işleme süreçlerinin tasarımı, süreç parametrelerinin eniyilemesi ve iş parçası bağlama aparatlarının, kesici takımların ve takım tezgahlarının dayanımlarının belirlenmesi açısından son derece önemlidir. Kesme kuvvetlerinin doğru bir şekilde tahmin edilmesi takım sehimi, tırlama ya da yanlış bağlama aparatı kullanımı ile ilgili problemleri önleyebilir.

Frezeleme işlemlerinde kesme kuvveti bileşenlerinin hesaplanması analitik, mekanistik ve sayısal yaklaşımlar kullanılarak yapılmaktadır (Ehman ve ark., 1997; Van Luttervelt ve ark., 1998). Analitik modeller, kesme kuvvetleri ile malzemelerin sürtünme, geometri ve mekanik davranışı gibi çeşitli mekanik yönleri arasında matematiksel ilişkiler kurarlar. Merchant ve Armarego dik ve eğik kesme geometrileri için bu tür modellerin geliştirilmesi üzerinde çalışmışlardır (Gonzalo ve ark., 2010). Mekanistik yöntemler, genellikle kesme kuvvetlerini (Wang ve ark., 2012; Srinivasa ve ark., 2013; Aydın ve ark., 2014), boyutsal yüzey hatalarını (Aydın ve ark., 2015) ve takım aşınmasını (Fernández-Abia ve ark., 2014) tahmin etmek için kullanılmaktadır. Kesilmemiş talaş kalınlığı ve kesme kuvvetleri arasında bir dizi ilişki kurarlar. Bu ilişkiler, sürecin geometrik özellikleri ve takım-iş parçası çiftini

karakterize eden deneysel çalışmalardan elde edilen kesme kuvveti katsayılarıyla ifade edilir. Literatürde doğrusal ve üstel yaklaşıma dayalı iki farklı mekanistik frezeleme kuvvet modeli bulunmaktadır. Üstel model, kesilmemiş talaş alanının fonksiyonudur. Öte yandan, doğrusal modelde, kayma ve sürtünme mekanizmaları iki doğrusal katsayı ile ayrı ayrı modellenmektedir. SE esaslı sayısal yöntemler (Van Luttervelt ve ark., 1998; Mackerle, 1999), takım ucu bölgesini ve takım ile iş parçası arasındaki etkileşimi incelemektedir. Bu modeller, kesme koşullarının ve takım geometrisinin optimizasyonu için kullanışlıdır. Talaş ve kesici takımdaki sıcaklık, gerilme ve gerinim dağılımları gibi bilgilerin elde edilmesini sağlarlar (Klocke ve Krazt, 2005).

SE benzetimleri iş parçası malzemesi akış gerilmesi, termo-mekanik özellikler, takım-talaş ara yüzündeki sürtünme ve ısı transferi parametreleri ve malzeme kırılma kriteri gibi parametreler tanımlanarak gerçekleştirilir. Eulerian ve Lagrangian olmak üzere iki ana mekanik formülasyon vardır. Lagrangian formülasyonunda, SE ağı malzeme ile birlikte şekil değiştirmektedir ve talaş oluşumu için bir talaş ayrılma kriteri kullanmak gereklidir. Eulerian formülasyonunda, ağ uzayda sabittir, dolayısıyla ağ bozulması meydana gelmez. Eulerian ve Lagrangian formülasyonlarının bir kombinasyonundan oluşan ALE formülasyonu, lineer olmayan problemlerin benzetimini yapmak için kullanılan nispeten yeni bir modelleme tekniğidir. Arrazola ve Özel (2010), Adetoro ve Wen (2010) ve Aydın (2016; 2017) talaş kaldırma benzetimlerinde ALE modellerini kullanmışlardır. Uyarlamalı ağ oluşturma sırasında uygun ağ yoğunlukları ve kontrol parametreleri kullanılarak ALE bölgesinde yeniden düzgün bir ağ oluşturulur. Daha sonra, enerji, yoğunluk, ısıl ve mekanik değişkenler önceki ağdan yeni ağa aktarılır. SE analizi ilerletilirken ağın kalitesi sürekli ağ oluşturma ve adveksiyonla muhafaza edilir.

Bu çalışmada, 20NiCrMo5 çeliğini küresel uçlu takımla parmak frezeleme sırasında oluşan kesme kuvvetlerini tahmin etmek için hibrit sayısal-analitik bir model sunulmuştur. Kesme kuvveti katsayıları belirli bir kesici takım ve iş parçası çifti için dik kesme SE benzetimlerinden belirlenmiştir. Bu katsayılar, Lee ve Altıntaş (1996) tarafından sunulan analitik model kullanılarak kesici takım üzerine taşınmıştır. Hibrit kuvvet modelinin kabiliyeti, tahmin edilen ve ölçülen kesme kuvvetlerinin karşılaştırılmasıyla gösterilmiştir.

2. TALAŞ OLUŞUMU İŞLEMİNİN ALE SE MODELİ

Dik kesme benzetimlerinden kesme kuvvetlerini belirlemek için ABAQUS/Explicit SE kodu ile Eulerian-Lagrangian sınırlarına sahip 2B ALE termo-mekanik SE modeli tasarlanmıştır. Bu model, takım geometrisi ve kesme parametrelerine göre başlangıçta tanımlanmış bir talaş geometrisi gerektirmektedir. Tablo 1 malzeme ve kesme süreci parametreleri ile ilgili verileri göstermektedir.

İş parçası ve kesici takım, dört düğüm noktasına ve dörtgen geometriye sahip sıcaklık-yer değiştirme hesaplaması için uygun CPE4RT eleman tipi kullanılarak modellenmiştir. İş parçası şekil değiştirebilir bir gövde olarak tanımlanırken, tungsten karbür kesici takım rijit bir gövde olarak modellenmiştir. Kesme koşullarının tümünde sürekli talaş elde edildiği varsayılmıştır. 20NiCrMo5 çeliği iş parçası malzemesinin davranışı, Johnson-Cook modeli ile tanımlanmıştır (Stenberg ve Proudian, 2013; Johnson ve Cook, 1983):

$$\bar{\sigma} = [490 + 600(\varepsilon^{pl})^{0.21}]\left[1 + 0.015\ \mathrm{In}\left(\frac{\dot{\varepsilon}^{pl}}{\dot{\varepsilon}_0}\right)\right]\left[1 - \left(\frac{T - 20}{1900 - 20}\right)^{0.6}\right] \quad (1)$$

burada $\bar{\sigma}$ akış gerilmesi (MPa), ε^{pl} plastik şekil değiştirme, $\dot{\varepsilon}^{pl}$ plastik şekil değiştirme hızı, $\dot{\varepsilon}_0$ referans şekil değiştirme hızı (1.0 s^{-1}) ve T iş parçası malzemesinin sıcaklığıdır (°C).

Tablo 1. Dik kesme SE benzetimleri için referans değerler (Stenberg ve Proudian, 2013; Iscar, 2016)

Malzeme	Yoğunluk (kg/m^3)	Parça	7800
		Takım	14500
	Elastikiyet modülü (GPa)	Parça	210
		Takım	540
	Poisson oranı	Parça	0.3
		Takım	0.227
	Isıl iletkenlik (W/m°C)	Parça	47.7
		Takım	84 (20 °C) 63 (1000 °C)
	Özgül ısı (J/kg°C)	Parça	556
		Takım	220
	Isıl genleşme (1/°C)	Parça	1.2×10^{-6}
		Takım	5.8×10^{-6}
Süreç	Kesme hızı, V_c (m/s)		0.25–0.75–1.25–2.25–3.5
	İlerleme, f (mm/dev)		0.025–0.05–0.075–0.1–0.125
	Talaş derinliği, a (mm)		3
	Talaş açısı, α_r (°)		6
	Boşluk açısı, γ (°)		6
	Kesici kenar yarıçapı, r_β (mm)		0.02

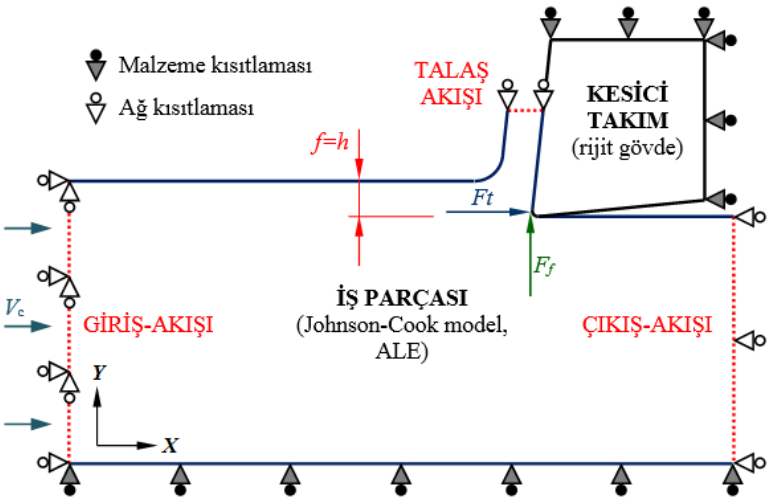
Şekil 1 iş parçası ve takım geometrileri için sınır koşullarını şematik olarak göstermektedir. İlerleme (f), deforme olmamış talaş kalınlığına (h) eşittir. Kesme hızı (V_c), giriş-akışı yüzeyinden malzeme akış hızını belirleyen bir sınır koşulu olarak verilmiştir. Talaş derinliği (a), çekme düzlemine dik yönde iş parçası kesitinin kalınlığı olarak tanımlanmıştır. Kesici takım üst ve yan yüzeylerinden sabitlenmiştir.

İş parçası giriş-akışı, talaş-akışı ve çıkış-akışı uçlarından Eulerian yüzeylere ve üst ve alt kenarlarından Lagrangian yüzeylere sahiptir. Bu şekilde tanımlanan model, malzemenin belirli bir hızda aktığı bir kabuk gibi davranır. Lagrangian yüzeylerde, malzeme ve ağ hareketi birbiriyle ilişkiliyken, Eulerian yüzeylerde malzeme ve ağ hareketleri birbirinden bağımsızdır ve malzeme SE ağıyla akabilir. Talaş oluşumu, malzeme akış yollarını (çıkış) belirterek gerçekleştiği için malzeme modeli hasar koşullarını içermez.

Takım-talaş temas ara yüzü boyunca teğetsel yöndeki temas çifti etkileşimini tanımlamak için kayma gerilmesi sınırını içeren Coulomb sürtünme modeli uygulanmıştır:

$$\tau_p(x) = \tau_{mak} \quad \text{ise} \quad \mu\sigma_n(x) \geq \tau_{mak}, \qquad \tau_p(x) = \mu\,\sigma_n(x) \quad \text{ise} \quad \mu\sigma_n(x) < \tau_{mak} \tag{2}$$

burada τ_p ve σ_n sırasıyla kayma ve normal temas gerilmesi, μ sürtünme katsayısı ve τ_{mak} kayma gerilmesi sınırıdır. Kayma gerilmesi sınırı 210 MPa ve sürtünme katsayısı 0.4 olarak alınmıştır (Prasad, 2010).



Şekil 1. Dik kesme SE modeli

3. KÜRESEL UÇLU PARMAK FREZELEME KUVVET MODELİ

Küresel uçlu parmak frezeleme sırasında oluşan kuvvetleri tahmin etmek için birleşik kesme mekaniği modeli kullanılmıştır (Budak ve ark., 1996). Modelde, belirli bir takım geometrisi ve iş parçası çifti için SE yöntemine dayalı sayısal modelleme ile belirlenen kesme kuvveti katsayıları kullanılmıştır.

Şekil 2 küresel uçlu parmak freze geometrisini ve kesme kuvvetlerini göstermektedir. Kesme kuvvetlerini modellemek için parmak freze dz yüksekliğine sahip disk elemanlara bölünür. ϕ dönme açısında ve z yüksekliğinde diferansiyel kesici kenar elemanı üzerine etki eden teğetsel kuvvet $(\mathrm{d}F_\mathrm{t})$, radyal kuvvet $(\mathrm{d}F_\mathrm{r})$ ve eksenel kuvvet $(\mathrm{d}F_\mathrm{a})$ aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Lee ve Altıntaş, 1996):

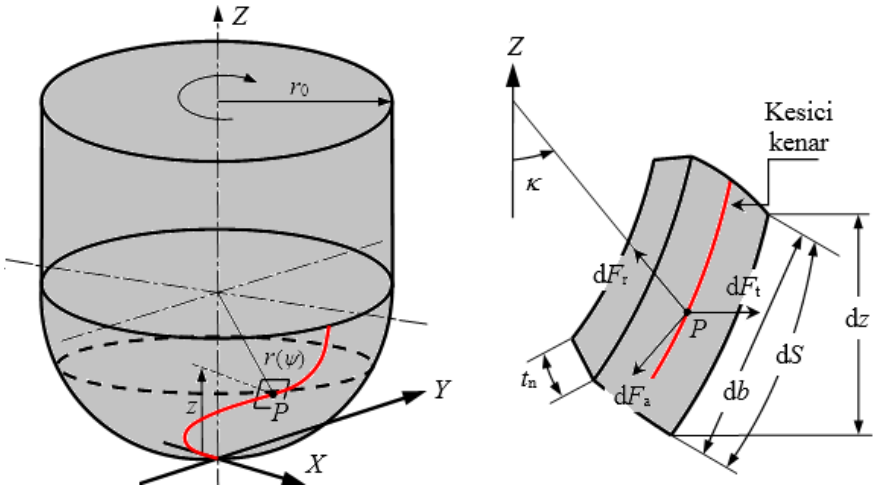
$$\begin{Bmatrix} \mathrm{d}F_\mathrm{t}(\phi,z) \\ \mathrm{d}F_\mathrm{r}(\phi,z) \\ \mathrm{d}F_\mathrm{a}(\phi,z) \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} K_\mathrm{te} \\ K_\mathrm{re} \\ K_\mathrm{ae} \end{Bmatrix} \mathrm{d}S + \begin{Bmatrix} K_\mathrm{tc} \\ K_\mathrm{rc} \\ K_\mathrm{ac} \end{Bmatrix} t_\mathrm{n}(\phi,\kappa)\,\mathrm{d}b \tag{3}$$

burada K_tc, K_rc ve K_ac sırasıyla teğetsel, radyal ve eksenel anlık kayma kuvveti katsayılarını göstermektedir. K_te, K_re ve K_ae karşılık gelen sürtme kuvvet katsayılarıdır. dS ve db sırasıyla kesici kenar elemanının kenar uzunluğunu ve talaş genişliğini göstermektedir.

Anlık kesilmemiş talaş kalınlığı radyal ve eksenel dalma açılarının fonksiyonu olarak aşağıdaki ilişki ile hesaplanabilir:

$$t_\mathrm{n}(\phi,\kappa) = s_\mathrm{t} \sin(\phi_j) \sin(\kappa) \tag{4}$$

burada s_t diş başına ilerleme miktarını ve κ eksenel dalma açısını belirtmektedir.



Şekil 2. Küresel uçlu parmak freze geometrisi ve kesme kuvvetleri (Fu ve ark., 2016)

Kesici kenar üzerinde bulunan z yüksekliğindeki bir noktanın radyal dalma açısı aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$\phi_j(z) = \phi + (j-1)\phi_p - \frac{z}{r_0}\tan\beta_0 \tag{5}$$

burada ϕ referans kesici kenarın dalma açısını ve $\phi_p = 2\pi/N_f$ N_f kesici kenarlı β_0 helis açısına sahip takımın adım açısını belirtmektedir. r_0 parmak frezenin küresel yarıçapıdır.

Kesme kuvveti bileşenlerini elde etmek için diferansiyel kesici kenar elemanı üzerine etki eden dF_t, dF_r ve dF_a kuvvetleri X ve Y yönlerine taşınabilir:

$$\begin{aligned} dF_{x,j}(\phi,z) &= -dF_r \sin(\kappa)\sin(\phi_j) - dF_t \cos(\phi_j) - dF_a \cos(\kappa)\sin(\phi_j) \\ dF_{y,j}(\phi,z) &= -dF_r \sin(\kappa)\cos(\phi_j) + dF_t \sin(\phi_j) - dF_a \cos(\kappa)\cos(\phi_j) \end{aligned} \tag{6}$$

j'ninci kesici kenar üzerine etki eden kuvvetler eksenel kesme derinliği boyunca Denklem (6)'nın integrali alınarak elde edilir:

$$F_{x,j}(\phi) = \int_{z_1}^{z_2} dF_{x,j}(\phi,z) \qquad F_{y,j}(\phi) = \int_{z_1}^{z_2} dF_{y,j}(\phi,z) \tag{7}$$

burada z_1 ve z_2 eksenel integral sınırlarıdır. ϕ dönme açısında kesici takım üzerine etki eden toplam anlık kesme kuvvetleri ise tüm kesici kenarların oluşturduğu kuvvetleri toplamak suretiyle elde edilir.

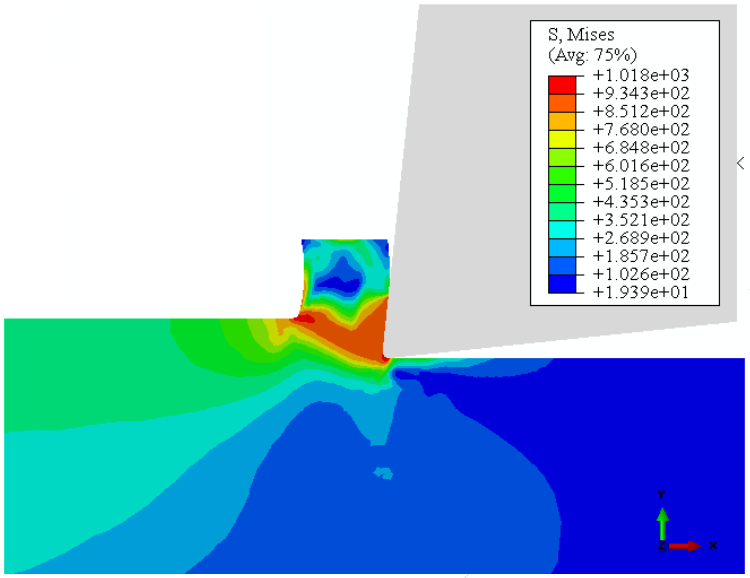
$$F_x(\phi) = \sum_{j=1}^{N_f} F_{x,j}(\phi) \qquad F_y(\phi) = \sum_{j=1}^{N_f} F_{y,j}(\phi) \tag{8}$$

Birleşik kesme mekaniği modeli, kesici kenar eğim açısını (β_0) dikkate alarak ortogonal kesmede oluşan kuvvet bileşenlerinin dönme açısının fonksiyonu olarak takım tezgahı koordinat sistemindeki F_x ve F_y kuvvetlerine dönüştürülmesini sağlar. Talaş kalınlığı, kesici takım dönme açısının fonksiyonu olarak basit bir trigonometrik ilişki ile belirlendiği için F_x ve F_y kuvvetleri sinüzoidal bir değişim göstermektedir.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

4.1. Dik Kesme Verilerinin Tahmini

Şekil 3 iş parçası üzerindeki von Mises gerilme dağılımının tipik bir örneğini göstermektedir. Takım ucundan serbest yüzeye uzanan birincil deformasyon bölgesinde kaymadan dolayı yüksek gerilme alanı oluşmuştur. İkincil deformasyon bölgesindeki kayma nedeniyle oluşan eşdeğer gerilme birincil deformasyon bölgesindeki gerilmeden daha düşüktür. İş parçası malzemesinin bir elemanı deformasyon bölgelerini geçtikçe gerilme değeri azalmaktadır.



Şekil 3. Talaş katmanındaki von Mises gerilme dağılımı ($V_c = 3.5\,\text{m/s},\ f = 0.125\,\text{mm/dev}$)

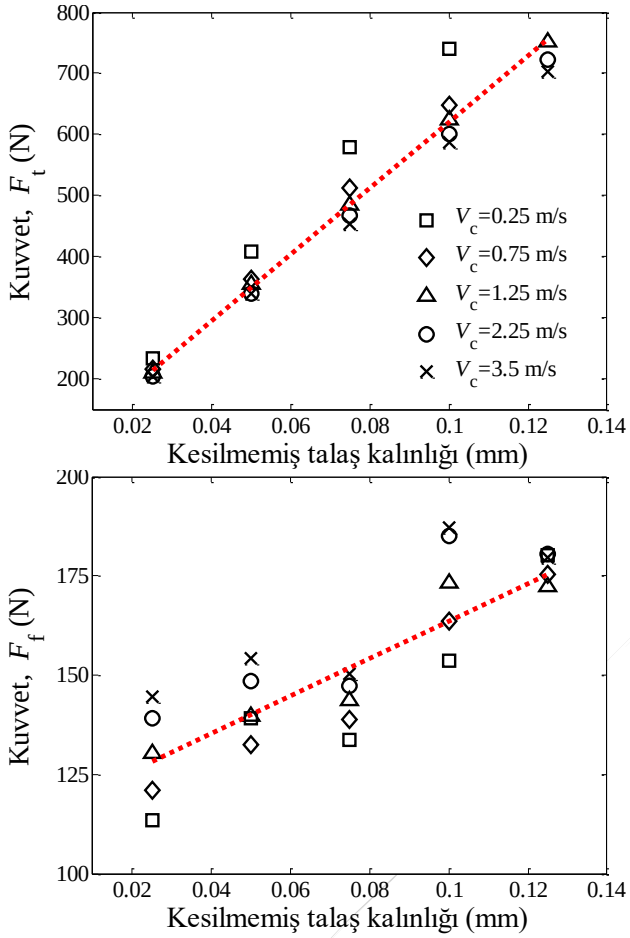
Benzetimlerden talaş kalınlığı (h_c), teğetsel (F_t) ve ilerleme (F_f) kesme kuvvetleri tahmin edilmiştir. Bu tahmin edilen değişkenler, kesme kuvveti katsayılarını hesaplamak için kullanılmıştır.

Şekil 4 SE yönteminden elde edilen F_t ve F_f kuvvetlerinin ilerleme ile değişimlerini göstermektedir. Kuvvetler ve ilerleme hızı arasında doğrusal bir ilişki elde edilmiştir. Benzetim sonuçları, kesme hızının sürtme kesme kuvvetleri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını da göstermektedir. 20NiCrMo5 çeliği için farklı kesme hızlarında gerçekleştirilen benzetimlerden hesaplanan sürtme kuvvetlerinin ortalama değerleri frezeleme kuvvetlerinin analizinde kullanılabilir.

20NiCrMo5 çeliğini dik kesmede elde edilen talaş kalınlığı oranı (r_c), Denklem (9)'de görüldüğü gibi, kesme hızının üstel fonksiyonu olarak değişmektedir.

$$r_c = 0.4684\ V_c^{0.11} \tag{9}$$

Dik kesme teorisi ile birlikte ALE SE tekniği uygulanarak tahmin edilen kayma gerilmesi (τ_s) ve sürtünme açısı (β_a) ortalama değerleri de 700.3 MPa ve 29.3° olarak bulunmuştur.



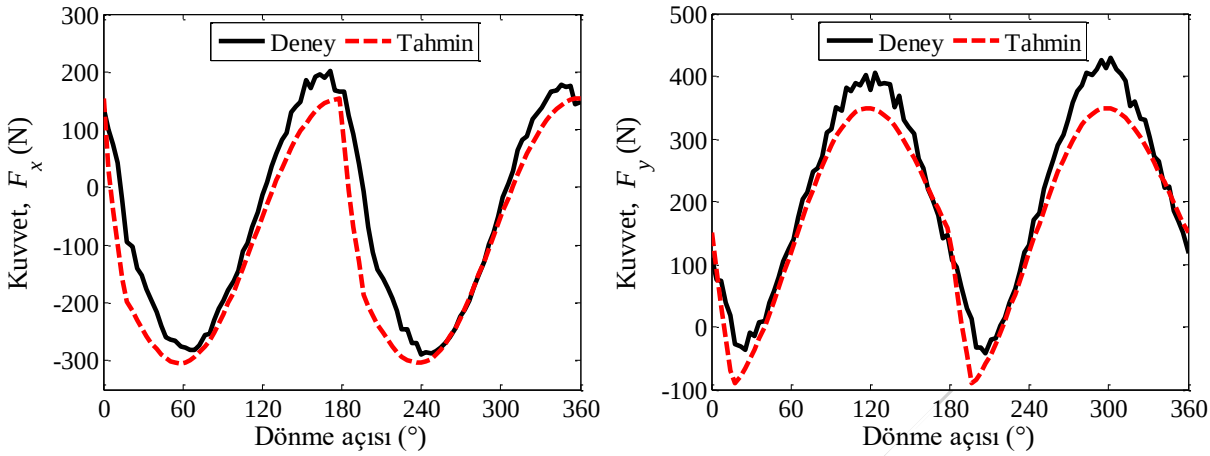
Şekil 4. SE yönteminden tahmin edilen F_t ve F_f kuvvetlerinin ilerleme ile değişimi

4.2. Benzetim ve Deneysel Sonuçlar

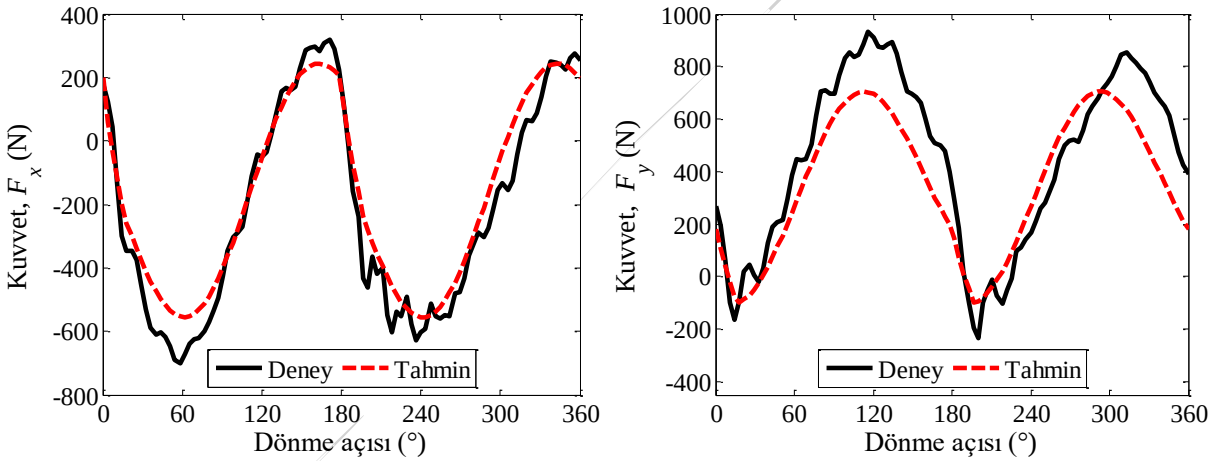
Küresel uçlu parmak frezeleme hibrit kuvvet modelini doğrulamak için Quaser MV154C model üç eksen düşey işleme merkezi üzerinde deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Kuvvet ölçümleri, 1 ve 3 m/s kesme hızı (V_c), 0.025 ve 0.075 mm/diş ilerleme (s_t) ve 3 mm eksenel talaş derinliği (a_p) parametrelerinin bir kombinasyonu için freze çakısının tam çapı kullanılarak yapılmıştır. Kesici takımlar, 30° helis açısına, 6° normal talaş açısına, 12 mm çapa sahip iki kesici kenarlı kaplamasız karbür frezelerdir. İş parçası, Kistler dinamometre (9257B) üzerine monte edilmiş, 20NiCrMo5 çelik bir bloktur ve frezeleme sırasında ilerleme yönündeki (X) ve ilerlemeye normal yöndeki (Y) kuvvet bileşenleri ölçülmüştür.

Şekil 5 ve 6, iki farklı kanal frezeleme operasyonu için deneysel testlerden elde edilen kuvvet bileşenlerinin sayısal-analitik hibrit modelden tahmin edilenlerle karşılaştırmalarını sunmaktadır. Hibrit kuvvet modelinden tahmin edilen F_x ve F_y kuvvet bileşenleri, hem şekil hem de büyüklük bakımından deneysel çalışmalarla yüksek derecede uyumluluk göstermiştir. $V_c = 1$ m/s ve $s_t = 0.025$ mm/diş kesme koşulunda hibrit kuvvet modelinden tahmin edilen ve deneysel olarak ölçülen sonuçlar arasındaki mutlak yüzde sapma ortalama F_x için % 7.3 ve ortalama F_y için % 8.6 olarak bulunmuştur. Bununla birlikte, $V_c = 3$ m/s ve $s_t = 0.075$ mm/diş farklı bir kesme koşulunda F_y kuvvet bileşeni için deneysel değerlerden daha düşük kuvvet dağılımı tahmin edilmiştir. Bu kuvvet tahminine rağmen, model, kuvvet bileşeninin karakteristik seyrini sağlamaktadır. Burada F_x kuvveti sıfır değerine göre asimetrik olarak salınmaktadır ve F_y bileşeni periyodik olarak değişmektedir. F_x ve F_y için karşılık gelen yüzde sapma değerleri de sırasıyla % 13.1 ve % 21 olarak hesaplanmıştır. Tahmin hatasının potansiyel nedenleri, tüm SE benzetimleri için sabit bir sürtünme katsayısının varsayımı, test edilen malzemenin özellikleri ve Johnson-Cook yapısal modelinin hazırlandığı malzeme arasındaki farklılıklar olarak gösterebilir.

Bununla birlikte, kuvvetler arasındaki farkları - hem nitel hem de nicel - etkileyen en önemli faktör, işleme sisteminin ve önerilen teorik modelin rijitlik farkıdır. Hibrit model trigonometrik ilişkilere dayanmaktadır ve kesici takım tamamen rijit bir gövde olarak kabul edilmiştir. Deneysel kuvvetler talaş kesitine ve kesici takımın çalışan parçasının yer değiştirmelerini belirten işleme sisteminin rijitliğine bağlıdır. Sonuç olarak, takım dönme açısının fonksiyonu olarak değişen talaş kesitindeki dalgalanmalar ve dolayısıyla anlık kuvvet değerlerinin değişimi üzerinde işleme rijitliğinin etkisi vardır.



Şekil 5. $V_c = 1$ m/s ve $s_t = 0.025$ mm/diş için ölçülen ve tahmin edilen kesme kuvvetleri



Şekil 6. $V_c = 3$ m/s ve $s_t = 0.075$ mm/diş için ölçülen ve tahmin edilen kesme kuvvetleri

5. SONUÇ

Bu çalışmada, kesme mekaniği yaklaşımı ile birleştirilen talaş oluşumu işleminin SE modeli kullanılarak küresel uçlu parmak frezeleme sırasında oluşan kesme kuvveti bileşenlerinin tahmini için bir yöntem sunulmuştur. Elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- Yüksek eşdeğer gerilmelerden oluşan bir bant ile karakterize edilen kayma düzlemi oluşumu ve talaşın talaş yüzeyinden ayrılması gözlemlenmiştir. Eulerian-Lagrangian sınır koşullu, başlangıçta tanımlanmış talaş geometrili ve Johnson-Cook denklemine dayanan talaş oluşumu SE modelinin, dik kesme sürecinin etkili bir şekilde modellenmesini sağladığı sonucu çıkarılabilir.
- SE benzetimleri, kesme kuvvetinin deforme olmamış talaş kalınlığına bağlı olduğunu göstermiştir. Sürtme kesme kuvvetleri, kesme hızının artışıyla önemli ölçüde değişmemiştir. Bu sonuca göre, hibrit modelin uygulama aralığı test edilen kesme hızı aralığının ötesine arttırılabilir.
- Küresel uçlu parmak frezeleme hibrit kuvvet modeli, kuvvet bileşenlerini tatmin edici bir doğrulukla tahmin etmektedir. Bununla birlikte, ölçülen ve tahmin edilen kuvvet değerleri arasında bazı

farklılıklar gözlemlenmiştir. Deneysel kuvvetler ve model sonuçları arasındaki sapmalar, işleme sisteminin rijitliği ile ilişkilendirilebilir.

KAYNAKLAR

Adetoro, O.B., Wen, P.H. (2010), Prediction of mechanistic cutting force coefficients using ALE formulation, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 46, 79–90.

Arrazola, P.J., Özel, T. (2010), Investigations on the effects of friction modeling in finite element simulation of machining, *International Journal of Mechanical Sciences*, 52, 31–42.

Aydın, M., Uçar, M., Cengiz, A., Kurt, M., Barkın, B. (2014), A methodology for cutting force prediction in side milling, *Materials and Manufacturing Processes*, 29, 1429–1435.

Aydın, M., Uçar, M., Cengiz, A., Kurt, M. (2015), Identification of static surface form errors from cutting force distribution in flat-end milling processes, *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 37:1001–1013.

Aydın, M. (2016), Dik kesme işleminde kalıcı gerilmelerin sonlu elemanlar yöntemiyle modellenmesi, *Politeknik Dergisi*, 19, 297–304.

Aydın, M. (2017), Prediction of cutting Speed interval of diamond-coated tools with residual stress, *Materials and Manufacturing Processes*, 32, 145–150.

Budak, E., Altintas, Y., Armarego, E.J.A. (1996), Prediction of milling force coefficients from orthogonal cutting data, *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 118, 216–224.

Ehman, K.F., Kapoor, S.G., DeVor, R.E., Lazoglu, I. (1997), Machining process modeling: A review, *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 119, 655–663.

Fernández-Abia, A.I., García, J.B., López de Lacalle, L.N., Neto, O.P. (2014), Estimation of cutting forces and tool wear using modified mechanistic models in high performance turning, P. Davim içinde, *Traditional Machining Processes: Research Advances* (s. 49–107), New York: Springer-Verlag.

Fu, Z., Yang, W., Wang, X., Leopold, J. (2016), An analytical force model for ball-end milling based on a predictive machining theory considering cutter runout, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 84, 2449–2460.

Gonzalo, O., Jauregi, H., Uriarte, L.G., López de Lacalle, L.N. (2009), Prediction of specific force coefficients from a FEM cutting model, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 43, 348–356.

Gonzalo, O., Beristain, J., Jauregi, H., Sanz, C. (2010), A method for the identification of the specific force coefficients for mechanistic milling simulation, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 50, 765–774.

Iscar Ltd. (2016), *Ball nose solid carbide end mills*, 4 Nisan 2016 tarihinde: http://www.iscar.com/eCatalog/Grade.aspx?grade=IC08&item adresinden alındı.

Johnson, G.R., Cook, W.H. (1983), A constitutive model and data for metals subjected to large strains, high strain rates and high temperatures. Proceedings of the seventh International Symposium on Ballistics, The Hague: The Netherlands, 541–547.

Klocke, F., Krazt, H. (2005), Advanced tool edge geometry for high precision hard turning, *Annals of the CIRP*, 54, 47–50.

Lee, P., Altıntaş, Y. (1996), Prediction of ball-end milling forces from orthogonal cutting data, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 36, 1059–1072.

Mackerle, J. (1999), Finite-element analysis and simulation of machining: a bibliography (1976–1996), *Journal of Materials Processing Technology*, 86, 17–44.

Prasad, C.S. (2010), *FEM modeling to verify residual stress in orthogonal machining*, Saarbrücken: Lap Lambert Academic Publishing.

Srinivasa, Y.V., Shunmugam, M.S. (2013), Mechanistic model for prediction of cutting forces in micro end-milling and experimental comparison, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 67, 18–27.

Stenberg, N., Proudian, J. (2013), Numerical modelling of turning to find residual stresses, *Procedia CIRP*, 8, 258–264.

Van Luttervelt, C.A., Childs, T.H.C., Jawahir, I.S., Klocke, F., Venuvinod, P.K. (1998), Present situation and future trends in modeling of machining operations, *Annals of the CIRP*, 47, 587–626.

Wang, B.S., Zuo, J.M., Wang, M.L., Hou, J.M. (2012), Prediction of milling force based on numerical simulation of oblique cutting, *Materials and Manufacturing Processes*, 27, 1011–1016.

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF USING ALUMINUM ALLOYS IN ELECTRIC VEHICLES PRODUCTION

Ahmet Demirkesen
Kocaeli University / Institute of Science, Department of Automotive Engineering
demirkesenahmet@gmail.com

Mehmet Uçar
Kocaeli University / Faculty of Technology, Department of Automotive Engineering
ucarm@kocaeli.edu.tr

Abstract

Electric vehicles using electricity as an energy source are being developed as an alternative to fossil fuel using internal combustion engine vehicles. With the development of electric vehicles, it is aimed to prevent environmental damages as a result of decreasing emissions. Insufficient range, length of charging time are the disadvantages of electric vehicles. The use of a larger battery can increase the range, but the larger battery increases the vehicle weight and reduces the range. In order to increase the range, the weight of the vehicle can be reduced significantly with aluminum alloys which have lower density compared to conventional steels, and fuel efficiency can be achieved. In addition, its use in the automotive industry is increasing day by day with the contribution of features such as machinability, corrosion resistance and recyclability. One of the reasons for preferring aluminum alloys is that it provides passenger safety in the event of an accident. The use of aluminum alloy is preferred in order to reduce the weight of the vehicle and to ensure crashworthiness.

In this study, the importance and advantages of the use of aluminum alloys in electric vehicles, their strength structures, their suitability for manufacturing are explained, and a review has been created by examining the previous studies.

Keywords: Aluminum alloys, automotive, electric vehicles, fuel efficiency

1. INTRODUCTION

Electric vehicles obtain the energy required for movement by using electricity. Instead of using fossil fuels, they consume electricity; therefore, operate environmentally friendly by reducing carbon-dioxide emission. In addition to its environmental effects studies are continuing to make them economically usable [1].

The reduction of fossil fuels and their widespread use causes environmental damage. To prevent this, the use of electric vehicles (Evs) is being stimulated. Currently, there are three types of the electric vehicle. There are completely electric, fuel cell Evs and hybrid Evs. While the hybrid one has an internal combustion engine in addition to the electric motor, the other two use only electricity as an energy source. These vehicles have significant problems in the use of electrical power systems as they require high capacity batteries and long charging times [2].

The body of electric vehicles constitutes approximately 20% of the total vehicle weight due to the batteries. In addition, these batteries are an important cost element. Decreasing the battery capacity to reduce cost induces low range problem [1].

As in other developed countries, American laws and regulations dictate the automotive company to reduce emissions, increase driver and passenger safety and ensure fuel economy so electrical vehicle manufacturers are evaluating different material usage possibilities to overcome high fuel consumption, environmental pollution and range problems [3].

Weight reduction can be achieved by using aluminum alloys instead of using conventional steels [4]. In addition to weight reduction, high strength, weldability and formability are desirable in vehicle manufacturing [5].

The performance of aluminum in aggressive working conditions is much higher than the part obtained from conventional steel. Aluminum is the best material that brings together properties such as corrosion, strength and rigidity on the same product [6].

In this study, the direct effects of the use of aluminum alloys in electric vehicle production are examined and interpreted.

2. ELECTRIC VEHICLES

The electric vehicle(EV) is that the vehicle's motion is thrusted by an electric motor instead of a gasoline or diesel internal combustion engine. An essential EV framework comprises a fuel source, a power converter, an electric motor and a mechanical transmission. The emergence of electric vehicles dates back 125 years. In 1873, Robert Davidson constructed the first functional electric vehicle while the first internal combustion engine vehicle did not seem till 1885 [7].

The extensive use of electric vehicles is likely to increase due to the scarcity of fossil fuels and the environmental pollution caused by their widespread utilization. At the moment, there are three types of electric vehicles on market. These are all EVs, fuel cell EVs and hybrid EVs. All and fuel cell EVs do not have an additional internal combustion engine but hybrid ones have one [2].

The motion system elements of a fully electric vehicle are shown in figure 1.

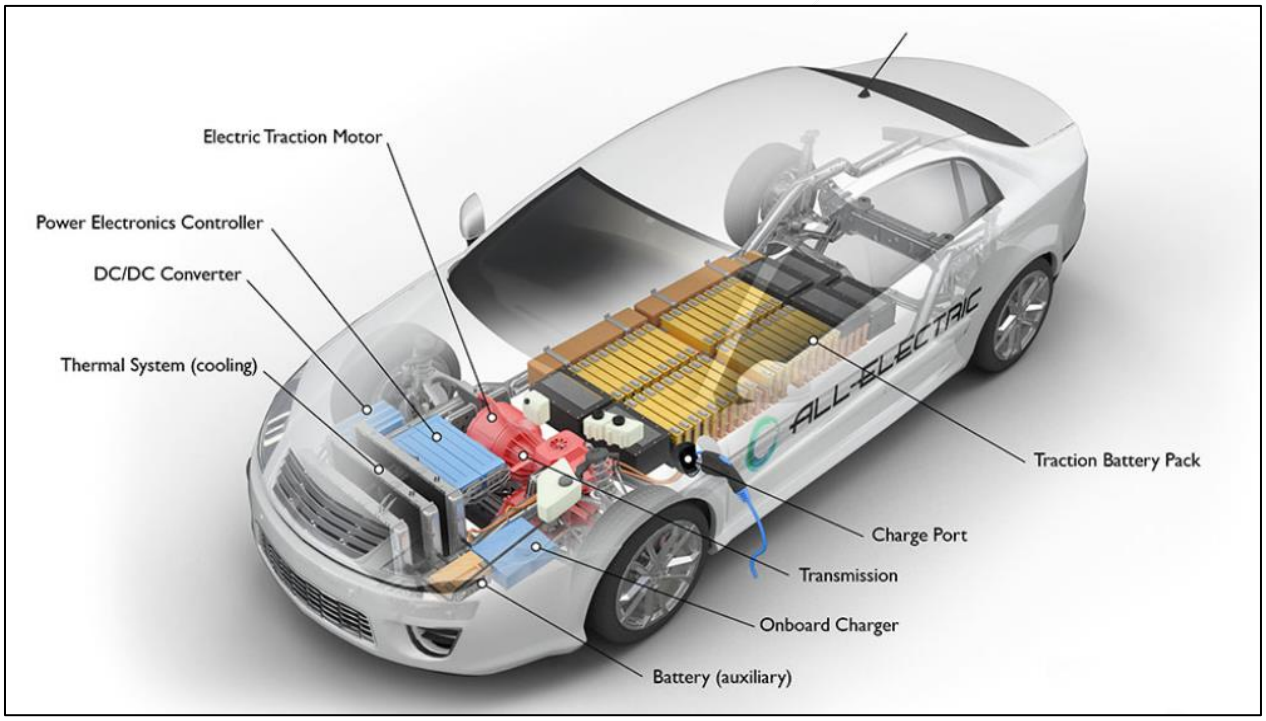


Figure 1. Motion system elements of an electric vehicle[8]

EVs have significant energy efficiency compared to conventional internal combustion engine vehicles. In addition to this, EVs can effectively brake by transforming kinetic energy into electrical energy. With this recurrent braking, the range can be extended by up to 15%.

EVs enable energy variation. In addition to thermal energy obtained by using oil and coal, it can also be produced in energies such as wind, nuclear, wave and hydropower. Currently, electricity generation with the onboard fuel cell has been getting feasible and widespread.

EVs provide load balancing of the power system. By charging EVs at night, energy production systems can be used effectively. Thanks to this, energy costs are reduced and power costs are balanced. Turkey

electricity consumption rate on an hourly basis for 8/4/2018 as shown in figure 2. The minimum consumption value is 32375 MWh at 6:00 a.m and maximum consumption is 41887 MWh at 14:00 p.m in one hour.

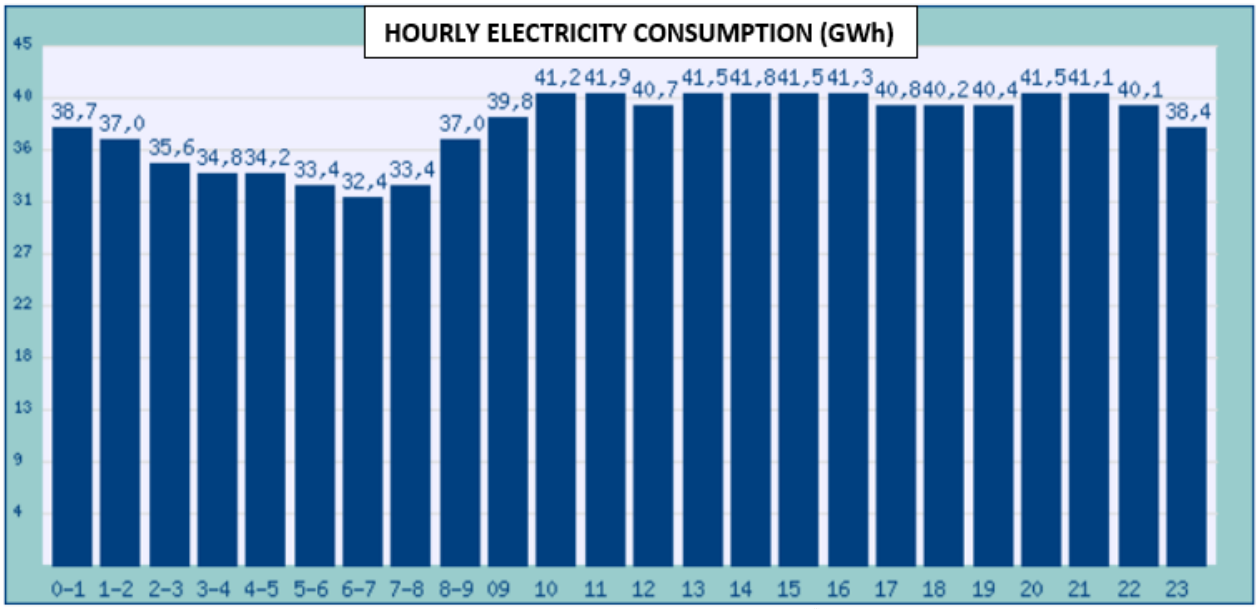


Figure 2. Turkey electricity consumption rate for 8/4/2018 [9]

In addition, EVs increase air quality by preventing environmental pollution. Carbon dioxide, carbon monoxide and nitrogen oxide can be reduced by using electric vehicles.

While gasoline/diesel vehicles generate vibration and noise, electric vehicles operate quietly and without any vibration. As a result of this, EVs are welcomed by drivers and citizens [7]. The less engine connection parts reduce vibration as well as lighten the vehicle.

Short-range, requiring long charging times is one of the main disadvantages of electric vehicles [1]. As these disadvantages are related to battery capacity, electric vehicles become popular as battery technology improves.

3. ALUMINUM AND ALUMINUM ALLOYS

The legal regulations shaped by the concerns about the scarcity of natural energy resources and the deterioration of the ecological balance mandates fuel savings for industrial fuel consumers. In the European Union countries where the number of vehicles in traffic has tripled in the last 30 years, land transportation is responsible for approximately 25% of the carbon dioxide emissions. The main priority of EU countries is to protect the environment. According to the Kyoto Protocol, the current limit of CO_2 emissions in automobiles is 140 g/km. Today, the automotive industry pursues new targets with intense international competition, legal regulations to protect the environment, increasing demands for comfort and safety. Vehicle weight plays a key role in achieving goals. Eco-friendly vehicles that consume less fuel should be lighter. Apart from design, the main way to achieve fuel economy is to use lightweight materials in manufacturing [10].

In vehicles with internal combustion engines, 90% of the fuel is used to move the vehicle's own body while only 10% is spent on the passengers. Reduction of 10% in weight provides an average of 6-8% fuel savings. Just like gasoline-powered vehicles, there is a weight problem in electric vehicles. The weight of the vehicle limits the range. One of the potential issues to be resolved to increase battery capacity is weight reduction. Using lightweight materials increases the performance of the vehicle by reducing its weight and allows for long ranges. These features are important for electric vehicles [11].

Aluminum and its alloys are metal materials that are widely available in the world. Nowadays, they are frequently used in many applications due to their ductility, corrosion resistance, electrical conductivity

properties. Aluminum is also one of the lightest materials in high demand. They are preferred in the material industry owing to their high strength relative to their weight [12].

The aluminum industry is a material frequently used in the automotive industry. When used in vehicle bodies they provide a great amount of weight reduction. According to various studies, body weight can be reduced by 50% by using aluminum instead of conventional steel. This provides a 30% weight reduction in the entire vehicle weight. For example, the Honda NSX body and exterior panels are made of 210 kg aluminum [13].

Honda NSX aluminum body-in-white is shown in figure 3.

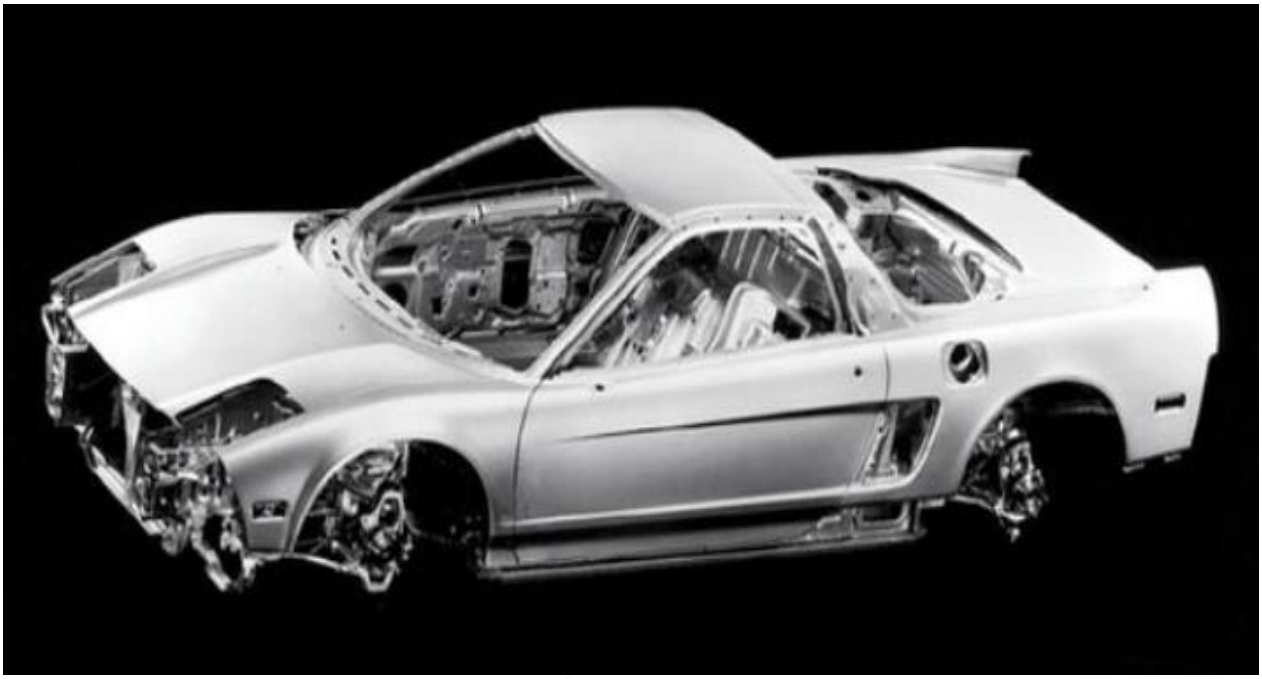


Figure 3. Honda NSX aluminum body-in-white [14]

Aluminum alloys are mainly categorized into series according to their chemical structure;

1xxx : Comprises %99 of aluminum mostly pure alloys

2xxx : Aluminum and bronze alloys

3xxx : Aluminum and manganese alloys

4xxx : Aluminum and silicone alloys

5xxx : Aluminum and magnesium alloys

6xxx : Aluminum, magnesium and silicone

7xxx : Aluminum, zinc and magnesium

8xxx : Comprises a large variety of materials

Aluminum alloys are classified into two main groups as those that can be hardened by cold working and heat treatment [12,15].

Cold working alloys : 1xxx,3xxx,5xxx,8xxx.

Heat treatment alloys : 2xxx,4xxx, 6xxx,7xxx,8xxx.

3.1. The Use of Aluminum in Electric Vehicles

Like the other vehicles, it is desired to use environmentally friendly, low-cost safe materials in EVs. The motion system and the parts that make up the body-in-white are the main issues in the automotive industry. In electric vehicles, the motion system consists of a battery, powertrain and electric motor. On the body, materials are used taking into account the safety, comfort and environmental conditions.

Body systems, rims, brake and suspension systems can be designed from aluminum. The use of aluminum in electric vehicles is important in terms of weight reduction. By using it instead of steel up to 30% of weight can be saved [1].

Parts assembled on the chassis in EVs are different from conventional vehicles. EVs do not have an exhaust system and gearbox. They have big batteries. Space is required for these batteries. Designing the optimum battery is very important as the biggest factor that creates weight and reduces range is the battery. Lightweight materials are chosen to increase battery capacity. Aluminum is a very important material that can be used in both batteries and vehicle body due to its structure [16].

For example, the majority of the Tesla Model S vehicle body, an electric car used in many parts of the world, was produced using aluminum material [17].

3.2. Aluminum and Alloys Mechanical Properties

The attractive feature of aluminum is its density of 2,69 g/cm^3 which is three times lower than steel. Thanks to its low density, it reduces weight when used in vehicles. In addition, the fact that its resilience is three times higher than that of steel which provides resistance to collision and its energy absorption ability is great and crashworthiness is excellent.

Aluminum and its alloys are also one step ahead of steel as it is non-magnetic and non-sparking.

In the automotive industry, the age hardenable 6xxx (Al-Mg-Si) series is used extensively in outer parts such as 6009, 6022, 6111 and the bake hardenable 5xxx series (Al-Mg) series especially 5182,5454,5754 aluminum alloys are used for inner parts. While 5xxx series stands out with high formability ability 6xxx series has higher strength [18,19].

Aluminum can be alloyed and powered by cold working and heat treatment processes to obtain a sufficient strength-weight ratio.

At the same time, aluminum and its alloys are suitable for most production processes. Casting, extrusion, stamping, etc. They have high corrosion resistance and can be recycled [18].

Aluminum parts and components can be assembled by MIG welding, laser welding, fasteners, rivets and adhesives. Laser welding is the most commonly used method [20].

Friction Stir Welding method is also used for joining in Japanese vehicles [18].

4. CONCLUSION AND DISCUSSION

Aluminum and its alloys are used to reduce weight in EVs due to their superior properties such as strength, density and manufacturing suitability. Thanks to the reduction in weight fuel consumption decreases and the range of electric vehicles can be increased. In addition, owing to their recyclability aluminum and its alloys can be reused.

In this study, the properties of aluminum and its alloys, the serviceability and the reasons of electric vehicles are explained considering that they will contribute to the literature by compiling from various articles.

Today, the use of aluminum and its alloys is still lower than steel due to their high cost and not being fully integrated into production systems.

The increasing use of aluminum and its alloys in electric vehicles continues and various studies are ongoing to reduce costs and expand their use. In the following years, researchers who focus on

enhancing energy savings and range due to the rise in the number of EVs will develop methods that will allow more frequent use of aluminum and alloys in the automotive industry.

REFERENCES

1- Güven, F., & Rende, H. (2017), Elektrikli Araçların Tasarımında Malzeme Seçiminin Önemi, *Engineer & the Machinery Magazine*, *58*(689).
2- Lopes, J. A. P., Soares, F. J., & Almeida, P. M. R. (2010), Integration of electric vehicles in the electric power system, *Proceedings of the IEEE*, *99*(1), 168-183.
3- Miller, W. S., Zhuang, L., Bottema, J., Wittebrood, A., De Smet, P., Haszler, A., & Vieregge, A. J. M. S. (2000), Recent development in aluminium alloys for the automotive industry, *Materials Science and Engineering: A*, *280*(1), 37-49.
4- Ferreira, V., Egizabal, P., Popov, V., de Cortázar, M. G., Irazustabarrena, A., López-Sabirón, A. M., & Ferreira, G. (2019), Lightweight automotive components based on nanodiamond-reinforced aluminium alloy: A technical and environmental evaluation, *Diamond and Related Materials*, *92*, 174-186.
5- Demirkesen A., Kaya H., Ergün R. E., Uçar M., JAC270C ve JAC590R malzemelerinin nokta direnç kaynağının mukavemet analizleri, *IMASCON, Uluslararası Marmara, Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi,* Kocaeli, Türkiye, 26 Nisan 2019.
6- Dündar, M., & Güngör, G. (2002), Otomotiv Sektöründe Alüminyum Uygulamaları ve Sürekli Döküm Tekniği ile Üretilmiş Alüminyum Levha Alaşımları.
7- Chau, K. T., Wong, Y. S., & Chan, C. C. (1999), An overview of energy sources for electric vehicles, *Energy Conversion and Management*, 40(10), 1021-1039.
8- https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-all-electric-cars-work Citation date: 2 November 2020
9- https://www.enerjiatlasi.com/elektrik-tuketimi/ Citation date: 17 November 2020
10- Birol, Y. (2009), Otomotivde Alüminyumun Cazibesi, *Bilim ve Teknik*, 497, 50-53
11- Özarslan, H., Yavuz, H., & Darıcık, F. (2018), Elektrikli Araç Uygulamaları İçin Hafif Kompozit Şase Tasarımı ve Geliştirilmesi, *Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 36(7), 9-16.
12- Vijayakumar, M. D., Dhinakaran, V., Sathish, T., & Muthu, G. (2020), Experimental study of chemical composition of aluminium alloys, *Materials Today: Proceedings*.
13- Srivyas, P. D., & Charoo, M. S. (2019), Application of Hybrid Aluminum Matrix Composite in Automotive Industry, *Materials Today: Proceedings*, 18, 3189-3200.
14- https://www.carthrottle.com/post/8-fascinating-technical-facts-about-the-honda-nsx/ Citation date: 2 November 2020
15- Yıldırım, H. (2006), Alüminyum Malzemenin Otomotiv Sektöründeki Uygulamaları (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
16- IŞILAK, C. (2020), Elektrikli Araçların Konvansiyonel Araçlara Göre Gövde, Şasi ve İç Trim Açısından Tasarım Farklılıkları, *Uluslararası Bilim, Teknoloji,Tasarım Dergisi*, 1(1), 46-58.
17- https://www.tesla.com/ Citation date: 17 November 2020
18- Benedyk, J. C. (2010), Aluminum alloys for lightweight automotive structures. In Materials, design and manufacturing for lightweight vehicles (pp. 79-113). Woodhead Publishing.
19- Başer, T. A. (2013), Alüminyum alaşımları ve otomotiv endüstrisinde kullanımı, *Mühendis ve Makina*, 53(635), 51-58.
20- Yılmaz, F. (2016), Elektrikli Araçlar ve Alüminyum.

BUHAR SIKIŞTIRMALI MEKANİK SOĞUTMA ÇEVRİMİNDE KULLANILAN FARKLI SOĞUTUCU AKIŞKANLARIN FARKLI EVAPORATÖR SICAKLIKLARINDA ENERJİ VE EKSERJİ ANALİZİ

Halit Can VİDİNLİOĞLU[1]
[1]Makine Mühendisliği Programı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli Üniversitesi, Umuttepe, Kocaeli, Türkiye
195109004@kocaeli.edu.tr ORCID ID: 0000-0002-5282-1877

Canan CİMŞİT[2]
[2]Gölcük MYO, Kocaeli Üniversitesi, Gölcük, Türkiye
ccimsit@kocaeli.edu.tr ORCID ID: 0000-0002-3222-1735

Özet
Bu çalışmada buhar sıkıştırmalı mekanik soğutma çevriminde kullanılan R134a, R290, R32, R600, R600a, R152a, R507a soğutucu akışkanlarının farklı evaporatör sıcaklıkları altında enerji ve ekserji analizi ve çevresel etkilerinin değerlendirilmesi yapılmıştır. Sistemin soğutma yükü 5 kW, kondenser sıcaklığı 50ºC, kompresör izentropik verimi 0,80, evaporatör sıcaklıkları 0, -9, -20, -32ºC olarak alınmıştır. Evaporatör sıcaklığı azaldıkça COP değerlerinin de azaldığı tespit edilmiştir. Evaporatör sıcaklığı azaldıkça kondenserden atılan ısı, kompresör sıkıştırma işi, toplam ekserji yıkım miktarları ve ekserji verimleri artmaktadır. Kullanılan soğutucu akışkanları çevresel etki yönünden incelediğimizde ozon delme potansiyeli (ODP) bütün akışkanlarda sıfırdır. Çevresel etki, enerji ve ekserji analizi ile soğutucu akışkanları değerlendirildiğinde kompresör için gerekli olan işin düşük olması, ekserji verimlerinin yüksek olması, ozon delme ve küresel ısınma potansiyeli düşük olan R600 ve R152a soğutucu akışkanlarının daha avantajlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Soğutucu akışkan, Enerji, Ekserji

ENERGY AND EXERGY ANALYSIS OF DIFFERENT REFRIGERANTS USED IN THE STEAM COMPRESSED MECHANICAL COOLING CYCLE AT DIFFERENT EVAPORATOR TEMPERATURES

Abstract
In this study, energy and exergy analysis and environmental effects of R134a, R290, R32, R600, R600a, R152a, R507a refrigerants used in the vapor compression mechanical refrigeration cycle were evaluated under different evaporator temperatures. The cooling load of the system is taken as 5 kW, the condenser temperature as 50ºC, the compressor isentropic efficiency as 0.80, and the evaporator temperatures as 0, -9, -20, -32ºC. It has been determined that as the evaporator temperature decreases, the COP values also decrease. As the evaporator temperature decreases, the heat released from the condenser, compressor compression work, total exergy destruction amounts and exergy efficiency increase. When we examine the refrigerants used in terms of environmental impact, the ozone depletion potential (ODP) is zero in all fluids. When the environmental impact, energy and exergy analysis and refrigerants are evaluated, it is concluded that the work required for the compressor is low, the exergy efficiency is high, the R600 and R152a refrigerants with low ozone depletion and global warming potential are more advantageous.

Keywords: Refrigerant, Energy, Exergy

1. GİRİŞ

Soğutma tarihi, depolanmış buzun kullanıldığı, suyun buharlaştırıldığı ve benzer uygulamaların yapıldığı, eski zamanlara kadar uzanmaktadır.1600'lü yıllarda farklı ülkelerden birçok araştırmacı faz değişim fiziği konusunda çalışarak akıllı (insan yapımı) soğutmanın temellerini atmışlardır. 1830'lu yıllara gelindiğinde ise, Perkins ilk buhar sıkıştırmalı makineyi icat ederek soğutucu akışkanlarla tanışmamızı sağlamıştır. Günümüze kadar çeşitli soğutucu akışkanlar kullanılmıştır. Kullanılan

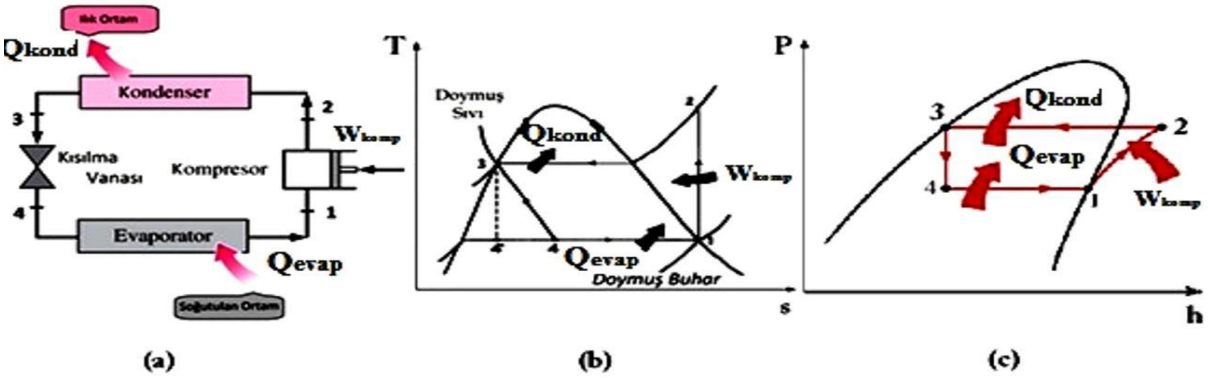
soğutucu akışkanları Calm yapmış olduğu bir çalışmada dört nesle ayırmıştır. 1. Nesil soğutucu akışkanlar 1830-1930 yıllarını kapsar ve işe yarayan her akışkan kullanılmıştır. 2. Nesil soğutucu akışkanlar 1931-1990 yılları arasını kapsar ve güvenlik ve kalıcılık özellikleri ön planda olan akışkanlar kullanılmıştır. 3. Nesil soğutucu akışkanlar 1991-2010 yıllarını kapsar ve ozon tabakasına zarar vermeyecek akışkanlar kullanılmıştır. 4. Nesil soğutucu akışkanlar ise 2010 yılından itibaren artan küresel ısınma endişelerinden dolayı ozon delme potansiyeli (ODP), küresel ısınma potansiyeli (GWP) düşük olan ve atmosferde kısa sürede yok olan soğutucu akışkanlar üzerine çalışmalar yapılmaktadır [1].

Son yıllarda yeni nesil soğutucu akışkanların kullanıldığı mekanik buhar sıkıştırmalı soğutma sistemlerinin enerji, ekserji, ekonomik ve çevresel etki üzerine yapılan araştırmalar artmaktadır. Literatürde çok miktarda araştırmalar sunulmuştur. Soğutma sistemlerinde yaygın olarak kullanılan R22 soğutucu akışkanına alternatif ve çevre dostu olan R417A, R438A, R422A ve R422D soğutucu akışkanların performansları termodinamiğin birinci ve ikinci yasasına göre incelenmiştir. Farklı evaporatör sıcaklıklarında elde edilen sonuçlarda R22 soğutucu akışkanına göre COP değerleri R438A ‘da %5, R417A’da %6, R422A’da %15, R422D’de %10 düşük olmuştur [2]. Uzun yıllar soğutma sistemlerinde kullanılan ve ozon tabakasına verdiği zararlardan sonra yasaklanan R22 soğutucu akışkanına alternatif olarak üretilen R134a ve R152a soğutucu akışkanlarının ağırlıkça farklı karışım oranlarındaki performans değerleri ısı pompası sisteminde deneysel olarak incelenmiştir. Deney parametreleri olarak olarak evaporatör sıcaklığı, kondenser basıncı ve karışım oranı dikkate alınmıştır. Elde edinilen sonuçlarda karışımlarda R152a soğutucu akışkan oranının artmasına bağlı olarak performans katsayılarının ısıtmada % 5 ile % 23 arasında, soğutmada ise % 6 ile % 28 arasında iyileştiğini göstermiştir [3]. R22 soğutucu akışkanın kullanımının yasaklanması sürecinde ona alternatif olarak önerilen R404A, R507, R407C ve R410A gibi soğutucu akışkanlar arasından R404A soğutucu akışkanın R22 soğutucu akışkanına göre sistem performansı, maliyet analizi, ozon incelme potansiyeli ve küresel ısınma potansiyeli açısından avantaj ve dezavantajları araştırılmıştır. Araştırmalar sonucunda orta düzey sıcaklıklarda R404A soğutucu akışkanın R22 soğutucu akışkanına göre daha yüksek soğutma kapasitesi, üstün ısı transfer kapasitesi ve daha düşük ozon tüketme potansiyeli bakımından avantajlı olduğu düşük performans katsayısı, daha yüksek güç tüketimi, daha yüksek maliyet ve daha yüksek küresel ısınma etkisi bakımından dezavantajlı olduğu sonucuna varılmıştır [4]. 0,73 m, 0,73 m, 0,50 m ölçülere sahip ve 5 cm kalınlığında strafor malzemesiyle yalıtılmış bir dolaba uygun dizayn edilen soğutma ünitesinde akışkan olarak kullanılan R134a ve R600a soğutucu akışkanın performans analizi deneysel olarak incelenmiştir [5]. R404A soğutucu akışkanı ile çalışan buhar sıkıştırmalı soğutma çevriminde hiçbir değişiklik yapılmadan R404A yerine R442A ve R453A kullanılması deneysel olarak incelenmiştir. Deneyler, aynı çalışma şartları altında üç farklı evaporatör sıcaklığı (-6°C, -3°C ve 0°C) ve üç farklı yoğuşma sıcaklığında(35°C, 40°C ve 45°C) İç Isı Değiştiricinin (IHX) etkisinin de tespit edilmesi için tekrarlanmıştır. Yapılan deneyler sonucunda soğutucu akışkanlara ait soğutma kapasitesi, kompresörde harcanan enerji, performans katsayısı(COP), kütlesel debi, izentropik ve hacimsel verim, sıkıştırma oranı ve kuruluk dereceleri tespit edilmiştir [6].

Bu çalışmada buhar sıkıştırmalı mekanik soğutma çevriminde kullanılan R134a, R290, R32, R600, R600a, R152a, R507a soğutucu akışkanlarının farklı evaporatör sıcaklıkları altında enerji ve ekserji analizi ve çevresel etkilerinin değerlendirilmesi yapılmış olup, sonuçlar grafikler halinde verilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

Tüm soğutma sistemleri arasında buhar sıkıştırmalı soğutma çevrimi en sık kullanılan sistemlerdir. İsminden de anlaşılacağı gibi bu sistemler buhar döngüsünün genel sınıfına aittir ve burada iş akışkanı en azından bir işlem sırasında faz değişimine uğrar. Buhar sıkıştırmalı mekanik soğutma çevriminde soğutucu düşük sıcaklıklarda buharlaştıkça soğutma elde edilir. Sisteme iş girişi, kompresörü çalıştırmak için sağlanan mekanik enerji biçimindedir. Bu sebeple bu sistemlere mekanik soğutma sistemleri de denir. Bu sistemler, birkaç W'dan birkaç MW'a kadar soğutma kapasiteleri ile neredeyse tüm uygulamalara uygundur [7]. Bu çevrimin genel çizimi, T-s diyagramı ve P-h diyagramı Şekil 1.'de verilmektedir [8].



Şekil 1. İdeal buhar sıkıştırmalı soğutma çevriminin düzeni (a), T-s diyagramı (b) ve P-h diyagramı (c) P-h diyagramı [8]

İdeal buhar sıkıştırmalı soğutma çevriminde, soğutucu akışkan kompresöre 1 halinde doymuş buhar olarak girer ve izentropik olarak yoğuşturucu basıncına sıkıştırılır. Sıkıştırma işlemi sırasında, soğutucu akışkanın sıcaklığı çevre ortam sıcaklığının üzerine çıkar. Soğutucu akışkan daha sonra 2 halinde kızgın buhar olarak yoğuşturucuya girer ve yoğuşturucudan 3 halinde doymuş sıvı olarak ayrılır. Yoğuşma sırasında akışkandan çevreye ısı geçişi olur. Soğutucu akışkanın sıcaklığı 3 halinde de çevre sıcaklığının üzerindedir. Doymuş sıvı halindeki akışkan daha sonra bir genleşme vanası veya kılcal borulardan geçirilerek buharlaştırıcı basıncına kısılır. Bu hal değişimi sırasında soğutucu akışkanın sıcaklığı, soğutulan ortamın sıcaklığının altına düşer. Soğutucu akışkan buharlaştırıcıya 4 halinde, kuruluk derecesi düşük bir doymuş sıvı buhar karışımı olarak girer ve soğutulan ortamdan ısı alarak tümüyle buharlaşır. Soğutucu akışkan buharlaştırıcıdan doymuş buhar halinde çıkar ve kompresöre girerek çevrimi tamamlar [9].

2.1 Enerji Analizi

Sistemin performans analizi termodinamiğin birinci ve ikinci kanununa dayalı olarak gerçekleştirilmiştir. Analizi için aşağıdaki varsayımlar yapılmıştır:

- Sistem boyunca soğutucu akışkan akışı sırasında kinetik ve potansiyel enerjinin değişiminin etkileri ihmal edilebilir.
- Soğutucu akışkan, evaporatör ve kondenserden sabit basınçta geçmektedir
- Çevrim bileşenlerinde basınç kayıpları ihmal edilmiştir.
- Kompresör izentropik verimi 0,80'dir.
- Evaporatör sıcaklık aralığı T_{evap}=(0, -9, -20, -32 ºC)'dir
- Kondenser sıcaklık aralığı T_{kod}=50 ºC'dir
- Soğutma kapasitesi Q_e=5 kW'dır.

Soğutma sistemine ait birinci kanun analizinde, kondenser, evaporatör ve kompresör kapasiteleri, Şekil 1 (a) 'daki çevrim noktaları göz önüne alınarak, sırasıyla aşağıdaki eşitlikler aracılığıyla hesaplanmıştır [2].
İdeal soğutma çevriminde kompresör sıkıştırma işi denklem (1) yardımıyla elde edilebilir.

$$\dot{W}_{komp.} = \dot{m}(h_2' - h_1) \tag{1}$$

Gerçek soğutma çevriminde kompresör sıkıştırma işi denklem (2) yardımıyla elde edilebilir.

$$\dot{W} = m(h_2 - h_1)$$

$$h_2 = h_1 + \frac{h_2' - h_1}{\eta_{iK}} \tag{2}$$

$$\eta_{iK} = 0,80$$

Kondenserde, soğutucu akışkandan çevreye olan birim zamandaki ısı geçişi denklem (3) yardımıyla elde edilebilir.

$$\dot{Q}_{kond.} = \dot{m}(h_2 - h_3) \quad (3)$$

Soğutulan ortamdan birim zamanda çekilen ısı denklem (4) yardımıyla elde edilebilir.

$$\dot{Q}_{evap.} = \dot{m}(h_1 - h_4) \quad (4)$$

Soğutma çevriminin etkinlik katsayısı denklem (5) yardımıyla elde edilebilir.

$$COP = \frac{\dot{Q}_{evap.}}{\dot{W}_{komp}} \quad (5)$$

Termodinamiğin birinci kanunu enerjinin korunumu ile ilgilidir ve sistem performansını belirlemekte yetersiz kalmaktadır. İkinci kanun analizi ise enerjinin kullanılabilirliği ile ilgilidir ve gerçek sistem performansını belirlemek için oldukça önemlidir.

2.2 Ekserji Analizi

Akış halindeki bir sistemde, kinetik ve potansiyel enerjilerin ihmal edilmesi durumunda birim kütle için ekserji denklem (6) yardımıyla elde edilebilir [2].

$$\Psi = h - h_0 - T_0(s - s_0) \quad (6)$$

Ekserji miktarı her bir noktanın soğutucu akışkanın kütlesel debisi ile çarpılmasıyla denklem (7) yardımıyla elde edilebilir.

$$\dot{E}x = \dot{m}[(h - h_0) - T_0(s - s_0)] \quad (7)$$

T_0= 25 ºC, P_0=1 atm alınmıştır.

Kondenser için ekserji yıkımı denklem (8) yardımıyla elde edilebilir.

$$\dot{E}x_{yik,kond.} = \dot{E}x_2 - \dot{E}x_3 - \dot{Q}_{kond.}(1 - \frac{T_0}{T_{kond.}}) \quad (8)$$

Evaporatör için ekserji yıkımı denklem (9) yardımıyla elde edilebilir.

$$\dot{E}x_{yik,evap.} = \dot{E}x_4 - \dot{E}x_1 + \dot{Q}_{evap.}(1 - \frac{T_0}{T_{evap.}}) \quad (9)$$

Kompresör için ekserji yıkımı denklem (10) yardımıyla elde edilebilir.

$$\dot{E}x_{yik,komp.} = \dot{E}x_1 - \dot{E}x_2 + \dot{W}_{komp,el} \quad (10)$$

Genleşme valfi için ekserji yıkımı denklem (11) yardımıyla elde edilebilir.

$$\dot{E}x_{yik,GV.} = \dot{E}x_3 - \dot{E}x_4 \quad (11)$$

Toplam ekserji yıkımı denklem (12) yardımıyla elde edilebilir.

$$\dot{E}x_{yik,Toplam} = \dot{E}x_{yik,kond.} + \dot{E}x_{yik,evap.} + \dot{E}x_{yik,komp.} + \dot{E}x_{yik,GV.} \quad (12)$$

Sistemin ekserji verimi denklem (13) yardımıyla hesaplanabilir.

$$\eta_{Ex} = \frac{\dot{E}x_4 - \dot{E}x_1}{\dot{W}_{komp}} \quad (13)$$

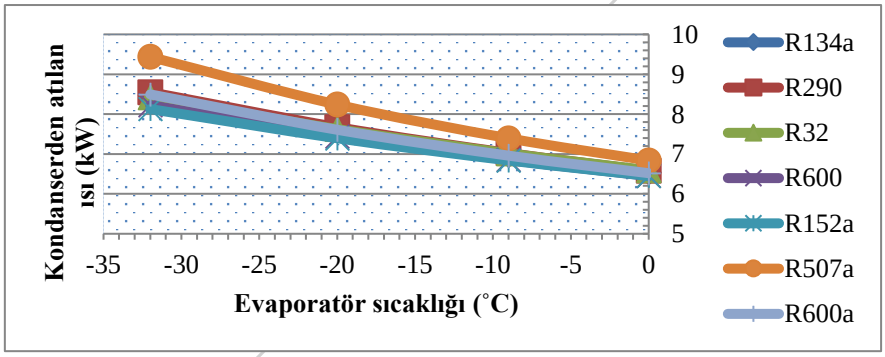
Çevrimde kullanılmak üzere seçilen soğutucu akışkanların ozon delme potansiyeli (ODP) ve küresel ısınma faktörleri (GWP) Tablo 1'de gösterilmişti[1-7].

Tablo 1. Akışkanların ODP ve GWP değerleri

SOĞUTUCU AKIŞKAN	OZON DELME POTANSİYELİ (ODP)	KÜRESEL ISINMA POTANSİYELİ (GWP)
R134a	0	1200
R290	0	3
R32	0	580
R600	0	3
R152a	0	152
R507a	0	4000
R600a	0	3

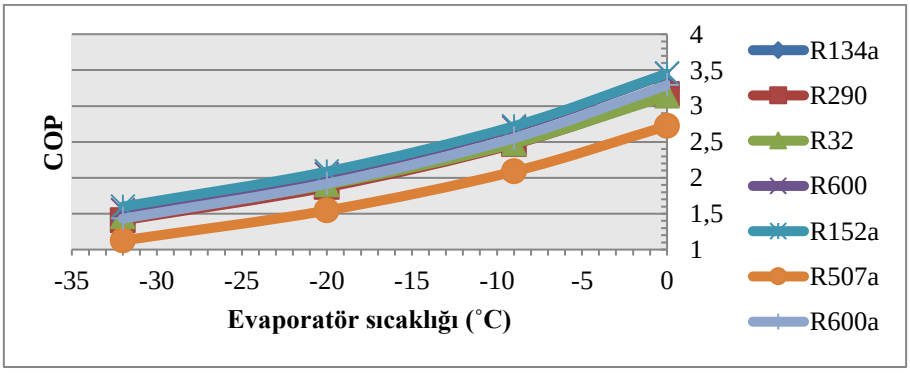
3. ANALİZ SONUÇLARI

Bu çalışmada, Tablo 1'de özellikleri gösterilen soğutucu akışkanları kullanılmıştır. Mekanik buhar sıkıştırmalı soğutma çevriminde (0, -9, -20, -32 ºC) evaporatör sıcaklıklarında kondenserden atılan ısı miktarı hesaplanmış ve Şekil 2 'de gösterilmektedir. 0 ºC deki evaporatör sıcaklığı temel alınarak yapılan analizler neticesinde kondenserden atılan ısı miktarı en yüksek 6,837 kW ile R507a soğutucu akışkan kullanım durumunda, en düşük ise 6,449 kW ile R152a soğutucu akışkanın kullanım durumunda görülmektedir. Kondenserden atılan ısı miktarı bakımından sıralanan diğer akışkanlar ise 6,591 kW ile R32, 6,580 kW ile R290, 6,540 kW ile R134a, 6,519 kW ile R600a, 6,450 kW ile R600 soğutucu akışkanıdır. Ayrıca evaporatör sıcaklığının azalmasıyla kondenserden atılan ısı miktarının da arttığı sonucu elde edilmektedir.



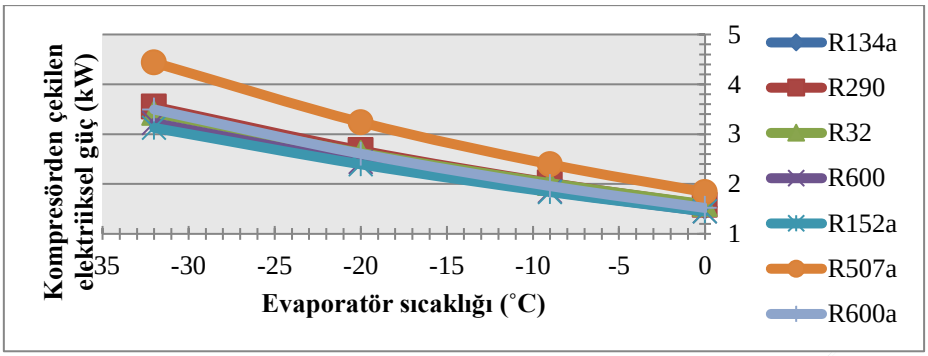
Şekil 2. Evaporatör sıcaklığı- Kondenserden atılan ısı miktarı değişimi

Şekil 3 evaporatör sıcaklığına bağlı olarak COP değerinin değişimini göstermektedir (kondenser sıcaklığı T_{kond}=50 ºC). Sistemin 0 ºC evaporatör sıcaklığında COP değeri en yüksek 3,451 ile R152a soğutucu akışkan en düşük ise 2,722 ile R507a soğutucu akışkanın kullanıldığının kabulünde görülmektedir. COP değeri bakımından sıralanan diğer soğutucu akışkanlar 3,447 ile R600, 3,291 ile R600a, 3,246 ile R134a, 3,164 ile R290, 3,142 ile R32 soğutucu akışkanı olmaktadır. Ayrıca evaporatör sıcaklığının artması durumunda COP değerlerinin de arttığı yine Şekil 3'te görülmektedir.



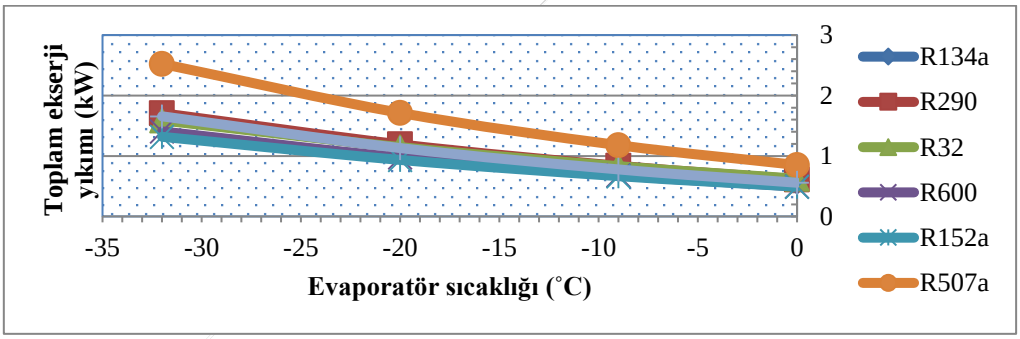
Şekil 3. Evaporatör sıcaklığı-COP değeri değişimi

Şekil 4 evaporatör sıcaklığına bağlı olarak kompresör işi miktarının değişimini göstermektedir. Sistemin 0 ºC evaporatör sıcaklığında kompresör için gerekli olan elektrik işi miktarı en yüksek 1,837 kW ile R507a akışkanına aitken en düşük 1,449 kW ile R152a soğutucu akışkanına aittir. Kompresör için gerekli olan elektrik işi bakımından sıralanan diğer soğutucu akışkanlar ise 1,591 kW ile R32, 1,580 kW ile R290, 1,540 kW ile R134a, 1,519 kW ile R600a ve 1,450 kW ile R600 soğutucu akışkanı olmaktadır. Ayrıca evaporatör sıcaklığının artması durumunda kompresör işi miktarının azaldığı da görülmektedir.



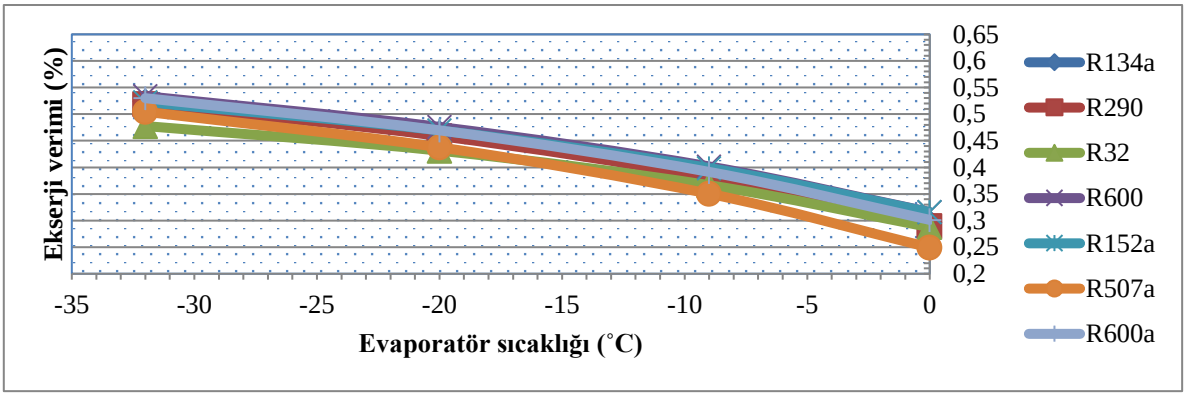
Şekil 4. Evaporatör sıcaklığı- Kompresörden çekilen elektriksel güç miktarı değişimi

Şekil 5 evaporatör sıcaklığına bağlı olarak toplam ekserji yıkım miktarının değişimini göstermektedir. Sistemin 0 ºC evaporatör sıcaklığında toplam ekserji yıkımı en yüksek 0,8502 kW ile R507a soğutucu akışkanında en düşük ise 0,4923 kW ile R152a soğutucu akışkanında görülmektedir. Toplam ekserji yıkımı bakımından sıralanan diğer soğutucu akışkanlar ise 0,6239 kW ile R32, 0,6134 kW ile R290, 0,5765 kW ile R134a, 0,5574 kW ile R600a, 0,4937 kW ile R600 soğutucu akışkanında olduğu görülmektedir. Ayrıca evaporatör sıcaklığının artması durumunda toplam ekserji yıkım miktarının azaldığı sonucu elde edilmektedir.



Şekil 5. Evaporatör sıcaklığı- Toplam ekserji yıkım miktarı değişimi

Şekil 6 evaporatör sıcaklığına bağlı olarak akışkanların ekserji verimlerinin değişimini göstermektedir. Sistemin 0 ºC evaporatör sıcaklığında ekserji verimi en yüksek 0,3160 ile R600 soğutucu akışkanında en düşük ise 0,2491 ile R507a soğutucu akışkanında elde edilmektedir. Ekserji verimi bakımından sıralanan diğer soğutucu akışkanlar ise 0,3158 ile R152a, 0,3012 ile R600a, 0,2969 ile R134a, 0,2896 ile R290 ve 0,2875 ile R32 soğutucu akışkanında olduğu görülmektedir. Ayrıca ekserji verimi evaporatör sıcaklığının azalmasıyla arttığı sonucu elde edilmektedir.



Şekil 6. Evaporatör sıcaklığı- Ekserji verim değişimi

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada mekanik buhar sıkıştırmalı soğutma çevriminde kullanılan R134a, R290, R32, R600, R152a, R507a ve R600a soğutucu akışkanlarının enerji, ekserji, ozon delme potansiyeli ve küresel ısınma potansiyeli yönünden analizi yapılmıştır. Evaporatör sıcaklığı azaldıkça COP değerlerinin de azaldığı tespit edilmiştir. Evaporatör sıcaklığı azaldıkça kondenserden atılan ısı, kompresör sıkıştırma işi ve toplam ekserji yıkım miktarları artmaktadır. 0 ºC deki evaporatör sıcaklığı temel alınarak yapılan analizler neticesinde kondenserden atılan ısı miktarı en yüksek 6,837 kW ile R507a soğutucu akışkan kullanım durumunda, en düşük ise 6,449 kW ile R152a soğutucu akışkanın kullanım durumunda görülmektedir. Çalışmada 0 ºC evaporatör sıcaklığında kompresör sıkıştırma işi miktarı en yüksek 1,837 kW ile R507a akışkanına aitken en düşük 1,449 kW ile R152a soğutucu akışkanına ait olduğu sonucu elde edilmektedir. Ekserji yıkımı en yüksek 0,8502 kW ile R507a soğutucu akışkanında en düşük ise 0,4923 kW ile R152a soğutucu akışkanında görülmektedir. Ekserji verimi en yüksek 0,3160 ile R600 soğutucu akışkanında en düşük ise 0,2491 ile R507a soğutucu akışkanında elde edilmektedir. Analizler sonucunda çevresel etki, enerji ve ekserji analizi ile soğutucu akışkanlar değerlendirildiğinde kompresör sıkıştırma işinin düşük olması, ekserji verimlerinin yüksek olması, ozon delme ve küresel ısınma potansiyeli düşük olan R600 ve R152a soğutucu akışkanlarının daha avantajlı olduğu sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

[1] ARAZ, M., GÜNGÖR, A., HEPBAŞLI, A., "Düşük Küresel Isınma Potansiyeline Sahip Soğutucu Akışkanların Soğutma Uygulamalarındaki Kullanımının Değerlendirilmesi", 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 17-20 Nisan 2013.

[2] CİNGİZ, Z., KATIRCIOĞU, F., ÇAY, Y., KOLİP, A., "Buhar Sıkıştırmalı Soğutma Sisteminde R22 alternatifi soğutucu akışkanların termodinamik analizi" Politeknik Dergisi, *(*): *, (*).

[3] ALPSOY, H. (2009). R134a/R152a SOĞUTUCU AKIŞKAN KARIŞIMLARININ ISI POMPASINDA DENEYSEL İNCELENMESİ. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

[4] KAYA, S. (2009). PERFORMANCE COMPARISON ON THE VAPOUR COMPRESSION REFRIGERATION SYSTEM WHEN RETROFITTING FROM R22 TO R404A Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

[5] GÖRKEN, M. (2013). SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE KULLANILAN R 134A VE R 600A SOĞUTUCU AKIŞKANLARIN SİSTEM PERFORMANSINA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Karabük.

[6] ENDER, S. (2018). R404A SOĞUTUCU AKIŞKANI KULLANAN SİSTEMLERDE R442A VE R453A SOĞUTUCU AKIŞKANLARI KULLANILARAK SİSTEM VERİMLERİNİN ARTTIRILMASI Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Diyarbakır

[7] ÖZDEMİR, F., ARDA, U., BUZDEMİR, H., GÜNGÖR, A., "Soğutma Çevrimlerinin Enerji Verimliliği Yönünden İncelenmesi", 14. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 17-20 Nisan 2019.

[8] Çengel Y. A ve Boles, M. A., 2008, Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik, Literatür, 84-637, İstanbul.

[9] ÖZMEN, R. (2012). TAŞIT KLİMASI PERFORMANSININ DENEYSEL ARAŞTIRILMASI Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya

Al7075–SiC–Gr KOMPOZİT MALZEMEDE GRAFİT ORANININ MİKROYAPI VE MEKANİK ÖZELLİKLERE ETKİLERİ

Kubilay Karacif
Hitit Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
kubilaykaracif@hitit.edu.tr ORCID ID: 0000-0001-7180-7897

Halil Karakoç
Hacettepe Üniversitesi Ankara Sanayi Odası 1.OSB MYO Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü
halil.karakoc@hacettepe.edu.tr ORCID ID: 0000-0002-2444-6037

Hanifi Çinici
Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
hcinici@gazi.edu.tr ORCID ID: 0000-0001-6983-0772

Özet

Bu çalışmada, Al7075 alüminyum alaşımı matrisli, silisyumkarbür ve grafit parçacık takviyeli kompozit malzemelerde grafit oranının mikroyapı ve mekanik özelliklere etkileri incelenmiştir. Kompozit malzemeler toz metalürjisi yöntemi ile üretilmiştir. Üretilen malzemelerde silisyum karbür takviye oranı ağırlıkça %10 oranında olup, %2, %4 ve %6 olmak üzere üç farklı oranda grafit ilave edilmiştir. Belirtilen ağırlık oranlarında hazırlanan tozlar üç boyutlu karıştırıcıda 30 dakika süresince karıştırılmıştır. Karışım tozlara oda sıcaklığında 50 MPa basınçta ön şekillendirme sonrası 450 ˚C sıcaklıkta 200 MPa basınç altında sıcak presleme yapılmıştır. Sıcak preslenen toz metal kompozit blok numuneler talaşlı imalat ile işlenerek yoğunluk, mikroyapı, sertlik ve çapraz kırılma test numuneleri hazırlanmıştır. İnceleme sonuçlarına göre; grafit ilavesinin kompozit malzeme yoğunluğunu ve sertliğini azalttığı belirlenmiştir. %2 ve %4 grafit oranlarında kompozit malzemenin çapraz kırılma dayanımları artış göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Alüminyum, grafit, SiC, kompozit, mekanik özellik

EFFECTS OF GRAPHITE RATIO ON MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF Al7075–SiC–Gr COMPOSITE MATERIAL

Abstract

In this study, the effects of graphite ratio on microstructure and mechanical properties of aluminum 7075 based composite materials reinforced silicon carbide and graphite particle were investigated. Composite materials were produced by powder metallurgy method. The silicon carbide reinforcement ratio in the produced materials was 10% by weight, and graphite was added in three different ratios as 2%, 4% and 6%. Powders prepared in the specified weight ratios were mixed in a three dimensional mixer for 30 minutes. The mixture powders were hot pressed under 200 MPa pressure at 450 °C after applying a 50 MPa load at room temperature. Powder metal composite block samples were processed by machining and density, microstructure, hardness and cross fracture test samples were prepared. It was determined that the addition of graphite decreases the density values and hardness of the composite material. The cross fracture strength of composite materials increased with 2% and 4% graphite addition.

Keywords: Aluminum, graphite, SiC, composite, mechanical properties

1. GİRİŞ

Metal matrisli kompozitler, monolitik malzemelere göre yüksek spesifik dayanım, iyi yorulma dayanımı, düşük yoğunluk, yüksek aşınma direnci, seramik malzemelere göre yüksek termal iletkenlik, daha düşük termal uzama katsayısı gibi birçok avantaja sahiptir. Bu avantajlı özellikler nedeniyle

kompozit malzemeler uçak, uzay, savunma, otomotiv endüstrilerinde tercih edilmektedir (Guo ve Tsao, 2000). En çok kullanılan metal matrisli kompozit malzemelerden birisi de alüminyum matrisli kompozitlerdir. Alüminyum matrisli kompozitler Al_4C_3, SiC, TiC, B_4C gibi karbür, Al_2O_3 gibi oksit veya TiN, AlN gibi nitrür formunda sert partiküllerin yapıya ilavesi ile genellikle toz metalürjisi yöntemi kullanılarak üretilmektedir. Ayrıca dövme döküm, karıştırma döküm, infiltrasyon gibi yöntemler de kompozit malzeme üretiminde kullanılmaktadır (Ravindran ve ark., 2013, Dhas ve ark., 2019).

Al7075 alaşımında bulunan Mg ve Zn, ana alaşım elementleri olup, alüminyumun katı çözelti oluşturma ve ince çökeltiler oluşturarak çökelti sertleşmesi özelliğini geliştirmektedir (Dhoria ve ark., 2019, Reddy ve ark., 2020). SiC partiküllerinin dayanım artırıcı ve grafit partiküllerin yağlayıcı özellikleri nedeniyle SiC ve grafit partikülleri ile güçlendirilmiş alüminyum matrisli kompozitler mükemmel aşınma direnci göstermektedir. Fakat yüksek SiC oranında kompozit malzemenin sünekliği ve SiC partiküllerinin aşındırıcılığı nedeniyle işlenebilirlik özelliği azalmaktadır. (Ge ve Gu, 2001, Kumar ve ark., 2020, Vasanthakumar ve ark., 2019). Grafit ilavesi, kompozit malzemenin aşınma direncini geliştirmesi yanında kendiliğinden yağlama özelliği ile işlenebilirliği de geliştirmektedir (Suresha ve Sridhara, 2010, Vencl ve ark., 2010, Zhang ve ark., 2020).

Bu çalışmada Al7075 matrisli, %10 SiC ve %2, %4 ve %6 grafit takviyeli kompozit malzemelerin mikroyapı, yoğunluk, sertlik ve çapraz kırılma özellikleri incelenerek, grafit oranının bu özelliklere etkileri belirlenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Kompozit Malzeme Üretimi

Kompozit malzemeler üç farklı toz malzeme kullanılarak toz metalürjisi yöntemi ile üretilmiştir. Matris malzemesi olarak Tablo 1'de kimyasal kompozisyonu verilen Al7075 alaşım tozu, takviye elemanları olarak ise Tablo 2'de oranları verilen SiC ve grafit tozları kullanılmıştır.

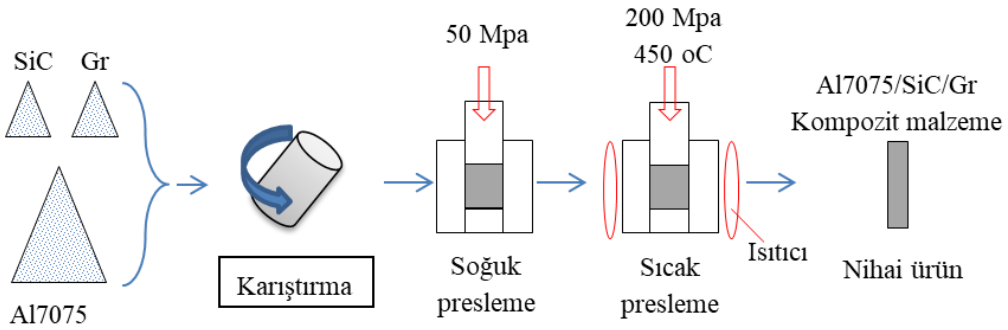
Tablo 1. Al7075 alüminyum alaşımının kimyasal kompozisyonu (ağırlıkça %)

Cr	Fe	Mn	Si	Ti	Cu	Mg	Zn	Al
0,18-0,28	<0,50	<0,30	<0,40	<0,20	1,2-2,0	2,1-2,9	5,1-6,1	Kalan

Tablo 2. Üretilen kompozit malzemeler ve karışım oranları (ağırlıkça %)

Malzeme	Kompozit Bileşenleri	Al7075	SiC	Grafit
1	Al7075–SiC	90	10	–
2	Al7075–SiC–Grafit	88	10	2
3	Al7075–SiC–Grafit	86	10	4
4	Al7075–SiC–Grafit	84	10	6

Tablo 2'de belirtilen karışım oranlarında hazırlanan tozlar homojenlik için Turbola marka üç boyutlu karıştırıcıda 30 dakika süre ile karıştırılmıştır. Karışım tozlar 260 ton presleme kapasitesine sahip hidrolik preste ilk önce 50 MPa basınç altında tek yönlü soğuk olarak preslenmiştir. Presleme işlemlerinde iç ölçüleri 40×90 mm olan presleme kalıbı kullanılmıştır. Ön preslemeden sonra blok numuneler 450 °C sıcaklıkta 200 MPa basınç altında sıcak presleme işlemine tabi tutularak kompozit numuneler elde edilmiştir. Kompozit malzemelerin üretim sürecini açıklayan diyagram Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Sıcak presleme yöntemi ile Al–SiC–Gr kompozit malzemelerin üretimi

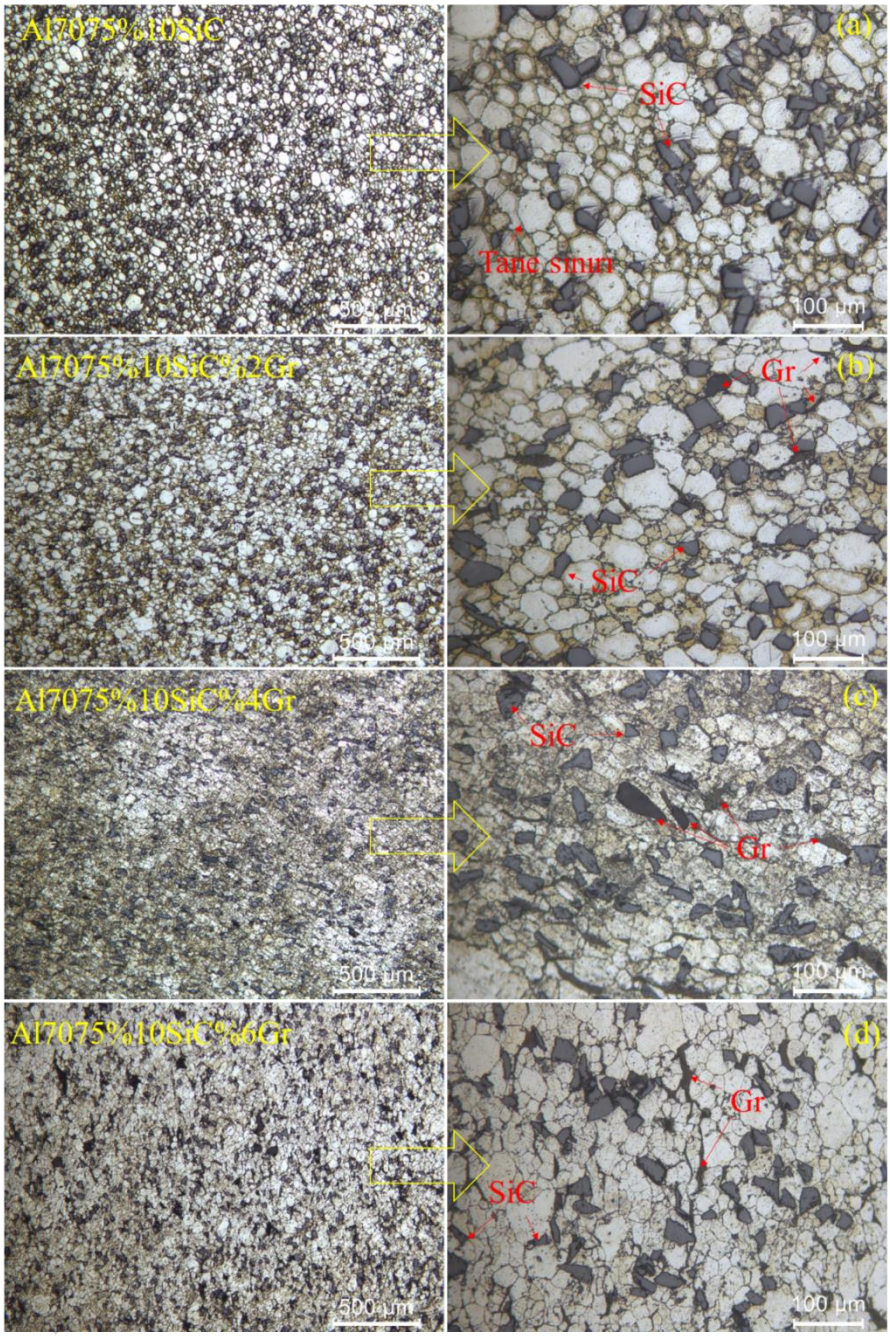
2.2. Malzeme Karakterizasyonu

Üretilen Al7075–SiC ve Al7075–SiC–Gr kompozit malzemelerin yoğunluk, mikroyapı, sertlik ve çapraz kırılma özellikleri incelenmiştir. Kompozit numunelerin yoğunluk ölçümleri Sartorius marka terazi kullanılarak Arşimet prensibine göre yapılmıştır. Numunelerin optik mikroyapı incelemeleri için Leica DM4000M optik mikroskop kullanılmıştır. Malzemelerin sertlikleri Brinell sertlik ölçme yöntemi ile EMCO TEST Duravision 200 marka cihazda belirlenmiştir. Sertlik testlerinde 2,5 mm çapında bilye uç ve 31,25 kgf yük uygulanmıştır. Kompozit malzemenin çapraz kırılma dayanımını belirlemek amacı ile ASTM B-312 standardına göre toz metal blok numuneler kesilmiş ve çapraz kırılma testleri yapılmıştır.

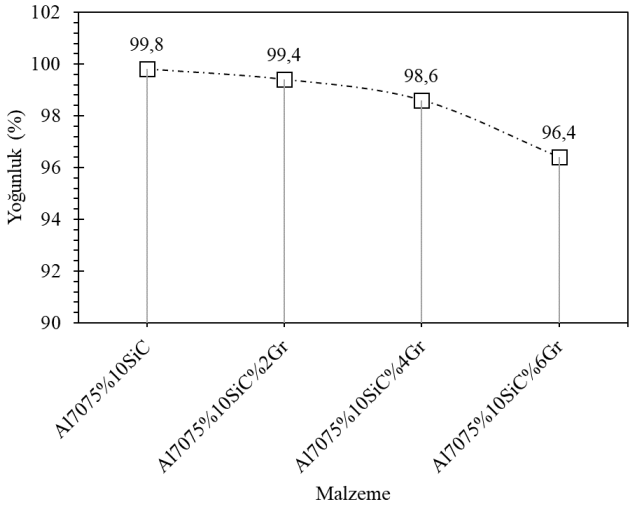
3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Al7075–SiC ve farklı oranlarda grafit içeren Al7075–SiC–Gr kompozit malzemelerin mikroyapı görüntüleri Şekil 2'de verilmektedir. Mikroyapı görüntülerinde açık renkli taneler alüminyum alaşımı taneleri iken, gri renkte SiC parçacıkları, daha koyu renkte ise grafit parçacıkları görülmektedir. Alüminyum tanelerinin eşeksenel formda ve farklı boyutları oldukları görülmektedir. SiC ve grafit partikülleri ise hem eşeksenel hem de yassı formda olup alüminyum tanelerine göre daha küçük boyutlardadır. SiC ve grafit parçacıkların matris içerisinde homojen bir dağılım göstermektedir.

Al7075–SiC ve Al7075–SiC–Gr kompozit malzemelerde grafit ilavesi ile kompozit malzemenin yoğunluğundaki değişim Şekil 3'de verilmektedir. Grafit içermeyen Al7075–SiC kompozit malzemenin yoğunluğu %99,8 iken, yoğunluklar %2 grafit ilavesi ile %99,4 değerine, %4 grafit ilavesi ile %98,6 değerine ve %6 grafit ilavesi ile %96,4 değerine azalmıştır. Yani grafit oranının artışı ile kompozit malzeme yoğunluğunda sürekli bir azalma belirlenmiştir. Grafit oranı arttıkça kompozit malzemede gözenek oranının arttığı ve bunun sonucunda kompozit malzeme yoğunluğunun azaldığı anlaşılmaktadır. Kumar ve ark. (2020) başka bir çalışmada benzer sonuçları bildirmişlerdir.

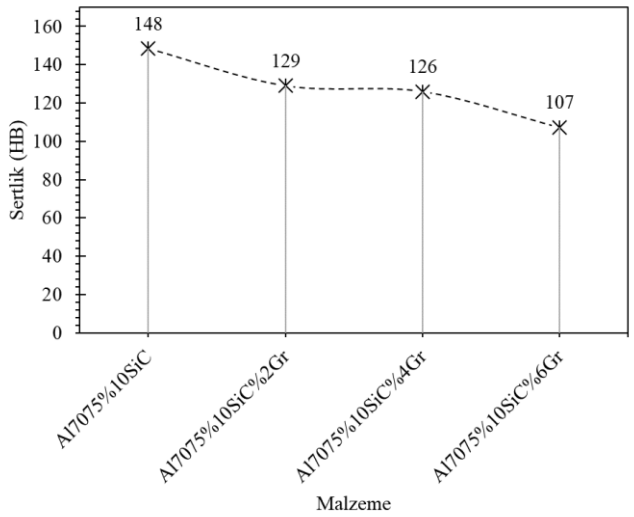


Şekil 2. Al7075–SiC ve Al7075–SiC–Gr kompozit malzemelerin mikroyapı görüntüleri **(a)** Al7075–%10SiC**, (b)** Al7075–%10SiC–%2Gr**, (c)** Al7075–%10SiC–%4Gr, **(d)** Al7075–%10SiC–%6Gr



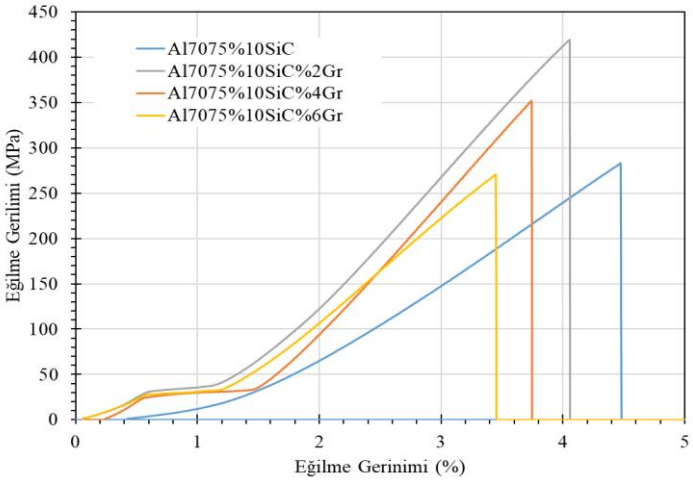
Şekil 3. Alüminyum matrisli kompozit malzemelerde grafit oranı ile yoğunluk değişimi

Al7075–SiC ve Al7075–SiC–Gr kompozit malzemelerde grafit ilavesi ile kompozit malzemenin sertliğindeki değişim Şekil 4'te verilmektedir. Al7075–SiC kompozit malzemenin sertliği 148 HB iken, %2 grafit ilavesi ile 129 HB, %4 grafit ilavesi ile 126 HB ve %6 grafit ilavesi ile 107 HB sertlik belirlenmiştir. Grafit ilavesi ile birlikte kompozit malzeme sertliğinde sürekli bir azalma olmaktadır. Alüminyum matrisli kompozit malzemelerde sertliği artıran oksit, nitrür, karbür esaslı sert partiküllerdir. Yapılan çalışmada kullanılan %10 oranındaki SiC takviye elemanı kompozit malzeme sertliğini artırıcı etkiyi yapmaktadır. Fakat kompozit malzeme yapısına ilave edilen grafit, yağlayıcı özelliği olan ve SiC takviyeye göre daha yumuşak bir malzemedir. Bu nedenle grafit oranının artışı ile daha yumuşak özellikteki takviye oranı arttığı için kompozit malzeme sertliğinde azalma olmaktadır. Dhoria ve ark. (2019) ile Vasanthakumar ve ark. (2019) çalışmalarında benzer sonuç bildirmişlerdir. Diğer bir çalışmada Sharma ve ark. (2015) Al6082 matrisli grafit takviyeli kompozit malzeme üretmişler ve sertlik özelliklerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda grafit oranı artışı ile kompozit malzeme sertliğinde ciddi oranlarda azalma olduğunu görmüşlerdir. Grafit oranının artışı ile sertliğin azalmasını, grafitin yumuşak özellikte takviye malzemesi olmasına, alüminyum matris ile grafit parçacıkları arasında zayıf bağlanma olmasına ve grafitin düşük yoğunluklu olmasına atfetmişlerdir.

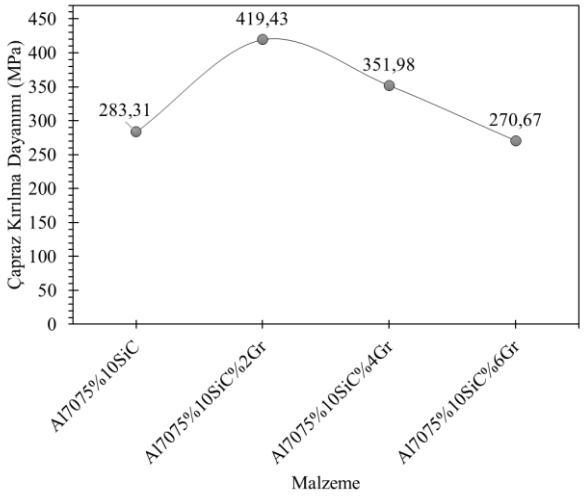


Şekil 4. Alüminyum matrisli kompozit malzemelerde grafit oranı ile sertlik değişimi

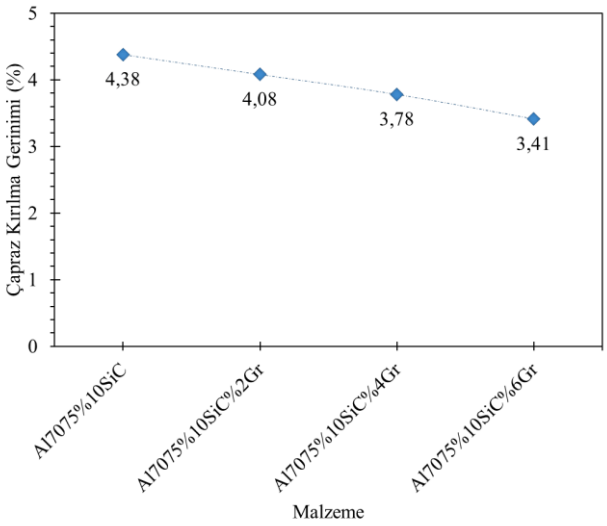
Al7075–SiC ve Al7075–SiC–Gr kompozit malzemelerde grafit ilavesi ile kompozit malzemenin çapraz kırılma davranışı değişimleri Şekil 5–7'de görülmektedir.



Şekil 5. Alüminyum matrisli kompozit malzemelerde grafit oranı ile çapraz kırılma davranışının değişimi



Şekil 6. Alüminyum matrisli kompozit malzemelerde grafit oranı ile çapraz kırılma dayanımının değişimi



Şekil 7. Alüminyum matrisli kompozit malzemelerde grafit oranı ile çapraz kırılma geriniminin değişimi

%2 grafit ilavesi ile kompozit malzemenin çapraz kırılma dayanımı, grafit içermeyen malzemeye göre ciddi bir artış göstermiş, 283 MPa değerinden 419 MPa değerine artmıştır. %4 grafit ilavesi ile çapraz kırılma dayanımı 352 MPa, grafit ilavesi %6 olduğunda ise çapraz kırılma dayanımı 271 MPa olmuştur. Buna göre %2 ve %4 grafit ilavesi, kompozit malzemenin çapraz kırılma dayanımını artırıcı etki yapmış, %6 grafit ilavesinde ise grafitsiz kompozit malzemeye göre çapraz kırılma dayanımı azalmıştır. Kompozit malzemenin çapraz kırılma gerinimleri incelendiğinde, grafit oranı artışı ile gerinim değerlerinin azaldığı görülmüştür. En yüksek gerinim değeri %4,38 olarak Al7075–SiC kompozit malzemesinde elde edilirken, en düşük gerinim değeri %3,41 olarak %6 grafit içeren Al7075–SiC–Gr kompozit malzemede tespit edilmiştir. Kompozit malzemelerin sertlikleri ve içerdikleri gözenek oranlarının malzemenin mekanik özelliklerini etkilediği bilinmektedir (Kumar ve ark., 2012, Shukla ve ark., 2018, Hosokawa ve ark., 2010). Toz metal kompozit malzemelerin içerisinde bulunan gözenek miktarı sertliği ve dayanımı düşürmektedir (Abbass ve Fouad, 2015, Karakoç ve ark., 2019). Grafit oranı %2 iken maksimum olan çapraz kırılma dayanımı, grafit oranı artışı ile birlikte gözenek oranının da artması sonucunda azalmıştır.

4. SONUÇLAR

Al7075 alüminyum alaşımı matrisli, %10 SiC ve %2, %4, %6 oranlarında grafit takviyeli kompozit malzemelerde grafit oranının mikroyapı ve mekanik özelliklere etkilerinin incelendiği bu çalışmada aşağıda belirtilen sonuçlar elde edilmiştir;

1.Toz metalürjisi yöntemi kullanılarak alüminyum matrisli, SiC ve grafit takviyeli kompozit malzemeler üretilmiştir. Takviye elemanları yapıda homojen olarak dağılmıştır.

2.Grafit oranı artışı ile Al7075–SiC–Gr kompozit malzemenin gözenek oranı artarak yoğunluğu azalmıştır.

3.Grafit takviye oranı artışı ile Al7075–SiC–Gr kompozit malzemenin sertliği azalmıştır. Sertlik azalmasının nedeni, grafitin diğer yapı bileşenlerine göre yumuşak olması ve gözenek artırıcı etkisidir.

4.Çapraz kırılma dayanımı %2 ve %4 grafit ilavesinde, grafit içermeyen Al7075–SiC kompozit malzemenin çapraz kırılma dayanımına göre artarken, %6 grafit ilavesinde azalmıştır. Grafit takviyesi ile Al7075–SiC–Gr kompozit malzemelerin çapraz kırılma gerinimi ise azalmıştır.

KAYNAKLAR

1. Abbass, M. K., Fouad, M. J. (2015), Wear characterization of aluminum matrix hybrid composites reinforced with nanoparticles of Al_2O_3 and TiO_2, *Journal of Materials Science and Engineering B*, 5, 361–371.
2. Dhas, D.S.E.J., Velmurugan, C., Wins, K.L.D., Raja, K.P.B. (2019), Effect of tungsten carbide, silicon carbide and graphite particulates on the mechanical and microstructural characteristics of AA 5052 hybrid composites, *Ceramics International*, 45, 614–621.
3. Dhoria, S.H., Rao, V.D.P., Subbaiah, K.V. (2019), Mechanical and wear behavior of 6351 Al/Gr/SiC composites fabricated by squeeze casting, *Materials Today: Proceedings*, 18, 2107–2113.
4. Ge, D., Gu, M. (2001), Mechanical properties of hybrid reinforced aluminum based composites, *Materials Letters*, 49, 334–339.
5. Guo, M.L.T, Tsao, C.Y.A. (2000), Tribological behavior of self-lubricating aluminum/ SiC/graphite hybrid composites synthesized by the semi-solid powder densification method, *Composites Science and Technology*, 60, 65–74.
6. Hosokawa, H., Kato, K., Shimojima, K., Matsumoto, A. (2010), Microstructures and mechanical properties of (Ti0.8Mo0.2)C–30 mass % Ni without core-rim structure, *Materials Transactions*, 51(8), 1428–1432.
7. Karakoç, H., Ovalı, İ., Dündar, S., Çıtak, R. (2019), Wear and mechanical properties of Al6061/SiC/B_4C hybrid composites produced with powder metallurgy, *Journal of Materials Research and Technology*, 8(6), 5348–5361.
8. Kumar, A., Rana, R.S., Purohit, R. (2020), Synthesis & analysis of mechanical and tribological behavior of silicon carbide and graphite reinforced aluminum alloy hybrid composites, *Materials Today: Proceedings*, 26, 3152–3156.

9. Kumar, G. V., Rao, C. S. P., Selvaraj, N. (2012), Studies on mechanical and dry sliding wear of Al6061–SiC composites, *Composites Part B: Engineering*, 43(3), 1185–1191.
10. Ravindran, P., Manisekar, K., Rathika, P., Narayanasamy, P. (2013), Tribological properties of powder metallurgy processed aluminum self-lubricating hybrid composites with SiC additions, *Materials and Design*, 45, 561–570.
11. Reddy, K.S.K., Kannan, M., Karthikeyan, R., Sripad, A., Jain, P.K. (2020), Investigation of thermal and mechanical properties of Al7020/SiC/graphite hybrid metal matrix composites, *Materials Today: Proceedings*, 26, 2746–2753.
12. Sharma, P., Khanduja, D., Sharma, S. (2016), Dry sliding wear investigation of Al6082/Gr metal matrix composites by response surface methodology, *Journal of Materials Research and Technology*, 5(1), 29–36.
13. Shukla, M., Dhakad, S. K., Agarwal, P., Pradhan, M. K. (2018), Characteristic behavior of aluminum metal matrix composites: a review, *Materials Today: Proceedings*, 5(2), 5830–5836.
14. Suresha, S., Sridhara, B.K. (2010), Effect of addition of graphite particulates on the wear behaviour in aluminum–silicon carbide–graphite composites, *Materials and Design*, 31, 1804–1812.
15. Vasanthakumar, P., Sekar, K., Venkatesh, K. (2019), Recent developments in powder metallurgy based aluminum alloy composite for aerospace applications, *Materials Today: Proceedings*, 18, 5400–5409.
16. Vencl, A., Bobic, I., Arostegui, S., Bobic, B., Marinkovic, A., Babic, M. (2010), Structural, mechanical and tribological properties of A356 aluminum alloy reinforced with Al_2O_3, SiC and SiC + graphite particles, *Journal of Alloys and Compounds*, 506, 631–639.
17. Zhang, J., Liu, Q., Yang, S., Chen, Z., Liu, Q., Jiang, Z. (2020), Microstructural evolution of hybrid aluminum matrix composites reinforced with SiC nanoparticles and graphene/graphite prepared by powder metallurgy, *Progress in Natural Science: Materials International*, 30, 192–199.

KÜÇÜK ÖLÇEKLİ BİR RÜZGAR TÜRBİNİNDE MAKSİMUM GÜÇ NOKTASI TAKİBİNİN MİKRODENETLEYİCİ TABANLI GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Burhan Aksoy
Kocaeli Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü /Enerji Sistemleri Mühendisliği
burhanaksoy.3441@gmail.com Orcid ID: 0000-0002-8061-0954

Ercüment Karakaş
Kocaeli Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi /Enerji Sistemleri Mühendisliği
karakas@kocaeli.edu.tr Orcid ID: 0000-0003-4219-5160

Özet
Tüm dünyada etkisini gösteren pandemi sebebiyle doğal yaşam alanlarına artan ilgi , şebekeden uzak bölgelerde kurulması planlanan yaşam alanları için ihtiyaç duyulan enerjinin nasıl karşılanacağı sorusunu beraberinde getirmiştir. Günümüzde elektrik üretimi için geleneksel yöntemlerin yerini alan rüzgar enerjisi kullanımında bir artış olduğu gözlenmektedir. Şebekeye bağlı olmayan kırsal alanlarda rüzgar enerjisinin kullanılması, artan talebi karşılamak için tercih edilen yöntemlerden biridir. Bu çalışmada küçük ölçekli bir rüzgar türbini için ekonomik ve sürdürülebilir bir enerji sağlanması için tasarlanan bir sistem ele alınmıştır. Sabit mıknatıslı senkron genaratörler (SMSG), kırsal alanlardaki küçük ölçekli rüzgar türbinleri için çok uygundur. Değişken rüzgar hızlarında rüzgar türbini tarafından üretilen çıkış gücünü optimize etmek için, sistem tarafından üretilen maksimum gücün takibi çok önemlidir. Önerilen sistemde maksimum gücü tespit edebilmek amacıyla mikrodenetleyici tabanlı bir sistem tasarlanmıştır. Rüzgar türbini kurulması planlanan örnek bir bölge göz önünde bulundurularak, değişken rüzgar hızlarında maksimum gücü tespit edilmesi sağlanmıştır. Maksimum gücü elde etmek için Saptır ve Gözle (S & G) algoritması Arduino tabanlı bir mikrodenetleyici üzerinde denenmiş ve sonuçları analiz edilmiştir. Bu çalışma, küçük ölçekli bir rüzgar türbini sistemi için hız sensörü olmayan bir MPPT kontrolörünün nasıl oluşturulacağını ve tasarlanacağını açıklamaktadır. Simülasyon sonuçları, uygun bir türbin modelinin tasarlanan sistemde göstereceği performans konusunda yapılacak çalışmalara ışık tutacaktır. Test verileri ve önerilen MPPT stratejisi, mekanik bir hız sensörü olmadan tatmin edici bir performans sağlanabildiğini göstermektedir. Çalışma MATLAB/SIMULINK ortamında simüle edilmiş ve sonuçları paylaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kalıcı Mıknatıslı Senkron Genaratör, Maksimum Güç Noktası Takibi, Saptır ve Gözle, Yenilenebilir Enerji, Arduino

MICROCONTROLLER BASED REALIZATION OF MAXIMUM POWER POINT TRACKING AT THE SMALL SCALE WIND TURBINE

Abstract
The increased interest in natural habitats due to the epidemic affecting the whole world raised the question of how to meet the energy needed for living spaces planned to be established in areas far from the grid. Today, there is an increase in the use of wind energy, which has replaced traditional methods for electricity generation. Using wind energy in rural areas not connected to the grid is one of the preferred methods to meet the increasing demand. In this study, a system designed to provide economical and sustainable energy for a small-scale wind turbine is considered. Permanent magnet synchronous generators (PMSG) are well suited for small scale wind turbines in rural areas. In order to optimize the output power generated by the wind turbine at variable wind speeds, it is essential to keep track of the maximum power generated by the system. In order to detect the maximum power in the proposed system, a microcontroller based system has been designed. Considering a sample area where a wind turbine is planned to be installed, it has been ensured that the maximum power is determined at variable wind speeds. In order to obtain maximum power, the Perturb and Observe (P&O) algorithm has been tested on an Arduino based microcontroller and the results have been analysed. This study describes how to build and design an MPPT controller without speed sensor for a small scale wind turbine system. The simulation results will shed light on the work to be done about the performance of a suitable turbine model in the designed system. Test data and the proposed MPPT strategy show that

satisfactory performance can be achieved without a mechanical speed sensor. The study was simulated in MATLAB / SIMULINK environment and the results were shared.

Keywords: Permanent Magnet Synchronous Generator, Maximum Power Point Tracking, Perturb and Observe, Renewable Energy, Arduino.

1. GİRİŞ

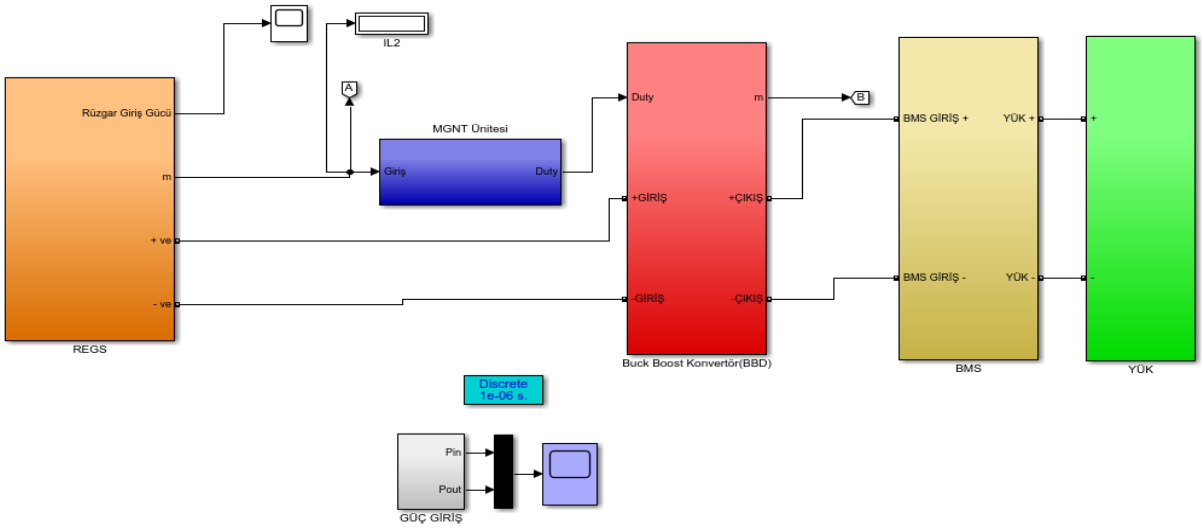
Tüm dünyada etkisini gösteren pandemi nedeniyle doğal yaşam alanlarına artan ilgi ve bu bölgelerde kurulacak yaşam alanları için gerekli olan enerji ihtiyacında artışa neden olmaktadır. Artan enerji talebine paralel olarak elektrik üretiminde kullanılan fosil yakıtlar gibi geleneksel kaynakların hızla tükenmesi nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını cazip kılmaktadır. Yenilenebilir enerji türlerinden olan güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisi, kurulum maliyetlerinin diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına nazaran daha uygun olması ve daha geniş bir uygulama alanı olmasından dolayı sıkça tercih edilmektedirler. Küçük ölçekli sabit mıknatıslı senkron genatörlü rüzgâr türbinleri; çeşitli avantajlarından dolayı yaygın şekilde kullanılmaktadır (Eltamaly & Farh, 2012). Çalışmanın amacı elektrik şebekesinden uzakta bulunan ve rüzgâr hızlarının uygun olduğu bölgelerde kurulacak olan küçük güçlü rüzgâr türbinlerinin çalışmasında kullanılacak uygun ve ucuz bir sistemin belirlenmesi ve bu sayede enerji ihtiyacının en uygun yöntemle sağlanabilmesi olmuştur. Önerilen Rüzgar Enerjisi Güç Sistemi (REGS) 1000 W gücünde Sabit Mıknatıslı Senkron Genaratör(SMSG), Arduino Tabanlı Maksimum Güç Noktası Takip ünitesi(MGNT), Buck-Boost Dönüştürücü (BBD), sistemin sürekli enerjili kalmasını sağlayacak olan Batarya Yönetim Sisteminden(BMS) oluşmaktadır. Rüzgâr enerjisinden elde edilen enerji maliyetini azaltmanın önemli bir yöntemi Maksimum Güç Noktası Takibi (MGNT) yapılmasıdır (Tafticht, Agbossou, & Cheriti, 2006). MGNT ile Rüzgâr Enerji Dönüşüm Sisteminin en etkili şekilde kullanılmasını sağlayacak algoritmaların kullanılması ile maksimum gücün elde edilmesi sağlanabilmektedir. Darbe Genişlik Modülasyonu (PWM) ve Maksimum Güç Noktası İzleme (MPPT) gibi yöntemler, şebekeden uzak ve mikro şebekeler gibi küçük ölçekli yenilenebilir enerji sistemlerden üretilen enerjinin daha verimli bir şekilde kullanılması amacıyla günümüzde çok sık kullanılmaktadır. PWM yöntemi MPPT ye göre daha az verimlidir. PWM, sadece voltaj değişikliklerini izleme prensibine göre çalışırken, MPPT ise voltaj ve akımı izleyerek çalışır; gerilim düşürüldüğünde akım, bir Doğru Akım (DC) gerilim dönüştürücü kullanılarak artırılır (Assaad, 2017) . Maksimum Güç Takip algoritmalarının bir tanesi de Saptır ve Gözle (S&G) algoritmasıdır. S&G yöntemleri, basit ve uygulaması kolay olduğu için rüzgar türbini sisteminde maksimum gücü elde etmek için en yaygın olarak kullanılan yöntemdir (Putri ve Ark., 2017). Bu yöntemin kullanılması, mekanik sensörlerin kullanımını azaltmaktadır. Rüzgar hızı ve rüzgar türbini özelliklerinin bilinmesine ihtiyaç olmamasından dolayı çok sık kullanılan bir algoritmadır (Tiwari & Babu, 2016). Çalışmamızda S&G algoritmasının uygulanması için ucuz ve kolay bulunabilir olmasından dolayı Arduino kartı tercih edilmiştir. Yapılandırılan sistem sayesinde hem uygulaması kolay hem de ucuz bir sistem oluşturulmuştur. Bu çalışmada, küçük ölçekli rüzgâr türbinlerinde buck-boost dönüştürücünün görev döngüsünü (D) ayarlayarak maksimum güç noktasının bulunabilmesi için S&G tabanlı bir sistem tasarlanmıştır. S&G tabanlı sistemimizde çıkıştan ölçülen akım ve gerilim değerlerine göre görev döngüsünü belirlenecektir. Tasarladığımız sistem sayesinde sıklıkla kullanılan S&G yöntemi Arduino tabanlı bir sisteme uygulanarak SMSG'nin farklı rüzgar hızlarında çalışması izlenmiş ve sonuçları analiz edilmiştir. Değişken rüzgâr hızlarının uygulama üzerindeki etkisi analiz edilmek üzere sisteme beş farklı rüzgâr hızı verilmiş ve önerilen yöntemin davranışları izlenerek sonuçları analiz edilmiştir. Önerilen sistem Matlab/SIMULINK ortamında modellenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1 Önerilen Sistemin Oluşturulması

Çalışmamızda önerilen sistem Şekil 1 de görüldüğü üzere Sabit Mıknatıslı Senkron Generatör (SMSG), Arduino tabanlı Saptır ve Gözle (S & G) ünitesini barındıran MGNT kontrolör, Buck-Boost dönüştürücü (BBD) ve Batarya Yönetim Sistemi (BYS)'den oluşmaktadır. SMSG, çalışma güvenilirliği, toplam maliyeti ve boyutundan dolayı en çok tercih edilen rüzgâr generatörüdür (Shahi ve Bhattacharjee, 2018).Oluşturulan sistemde değişken rüzgâr hızlarında SMSG çıkışında oluşacak gerilim değişikliğini

izleyebilmek ve doğal ortam şartlarını sağlayabilmek amacıyla SMSG'nin rotor kısmına değişken rüzgar hızları uygulanmıştır. Bu sayede SMSG' nin devir değişikliği sağlanarak değişken rüzgâr hızlarındaki SMSG davranışları izlenebilmiştir. SMSG çıkışında elde edilen AC gerilim; doğrultma elemanlarıyla DC gerilime çevrilmiştir. Değişken hızlarda SMSG çıkışından elde edilecek akım ve gerilim değişimleri, MGNT yapılabilmesi için Arduino tabanlı S & G ünitesine aktarılmıştır. Arduino tabanlı S & G ünitesi, doğrultucu çıkışındaki akım ve gerilim verilerine dayanarak sistemin çalışmasını kontrol edecek ve Buck-Boost dönüştürücüde kullanılan Mosfet transistörün görev döngüsünü(D) belirleyecektir. Değişken rüzgâr hızlarında maksimum güç noktasını yakalayabilmek için esnek ve basit bir teknik olması ile birlikte önceden türbin bilgilerine ihtiyaç duyulmaması sebebiyle S & G yöntemi tercih edilmiştir. Sistem çıkışından alınan veriler detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Buck-Boost dönüştürücü çıkışına bağlanan Batarya Yönetim Sistemi (BMS) ile sistemde oluşabilecek enerji kesintisi sorununun önüne geçilmesi amaçlanmaktadır. Bu sayede şebekeden uzak bölgeler için tasarlanmış olan sistemin enerji kesintisi sorunu yaşamaması ve enerji sorununun önüne geçilmesi planlanmıştır.

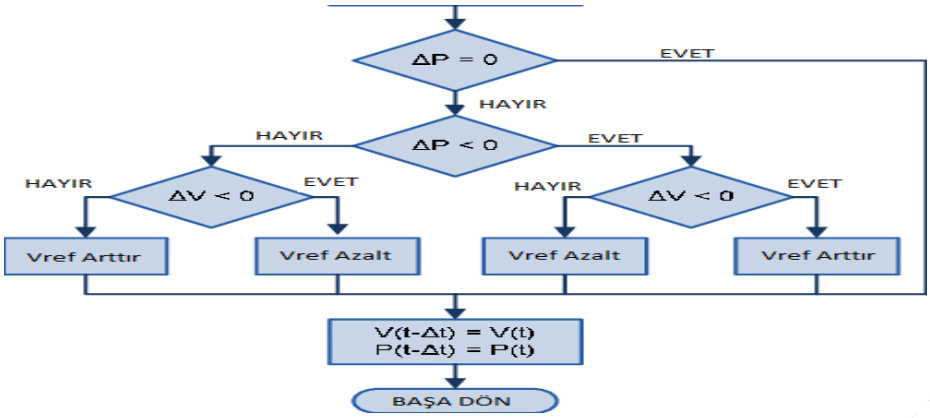


Şekil 1. Sistemin MATLAB/SIMULINK Şeması.

2.2 S&G Modeli

Oluşturulan sistemde S&G yöntemi, dış ortamdan uygulanan değişken rüzgâr hızları için maksimum noktanın bulunması amacıyla kullanılmıştır. S&G yönteminde önceden rüzgâr türbinine ait parametrelerin bilinmesine ihtiyaç yoktur. Bağımsız, esnek ve basit bir teknik olmasından dolayı en çok kullanılan algoritmalardan biridir (Jubaer Ahmed, 2015). Sistemimizde anlık akım ve gerilim değerleri sisteme entegre olarak çalışan akım ve gerilim okuma modülleri vasıtasıyla okunmaktadır ve çıkış gücü bu değerlerin oranında hesaplanmıştır. Gücün değişimi oranına bağlı olarak referans değeri olan belirlenmiş gücün takibi yapılarak gerilim değerleri arttırılıp azaltılarak MGN izlemesi yapması sağlanabilmektedir. Sistemimizde kullandığımız S&G metodu, maksimum gücü çekecek en uygun çalışma noktasını belirlemek için referans olarak türbinde anlık olarak üretilen çıkış voltajını kullanmaktadır. Çalışmamızda SMSG çıkış gücü ve yük tarafındaki çıkış gücü akım ve gerilimden yararlanılarak hesaplanır ve karşılaştırılır. Daha sonra sistem çıkışındaki gerilimlerin karşılaştırılması yapılır. Ardından o anki rüzgar hızındaki olması gereken maksimum güç noktasının gerilim değerini belirlenmesi işlemi yapılmalıdır. Bu işlem için devreye Buck-Boost Dönüştürücü girmektedir. S&G algoritmasının belirleyeceği D katsayısının arttırılıp azaltılması yoluyla MGN araması devam edilir. Eğer sistemdeki çalışma voltajı belirli bir yönde bozulmuş ve sistemden çekilen güç artış gösteriyorsa, bu, çalışma noktasının maksimum güç noktasına doğru hareket ettiği ve bu nedenle çalışma voltajının aynı yönde artış göstermesi gerektiği anlamına gelir. Aksi takdirde, sistemden çekilen güç azalırsa, çalışma noktası maksimum güç noktasından uzaklaşmıştır anlamına gelir ve bu nedenle çalışma voltajındaki değişim yönü tersine çevrilmelidir. Şekil 2. de verilen akış diyagramında da görüleceği üzere maksimum güç noktası (MGN) bulununcaya kadar maksimum güç noktası arama işlemi her anahtarlama çevriminde tekrarlanmak zorundadır. Standart S&G algoritmasında maksimum güç noktası

değerine ulaşılması daha yavaş olmaktadır (Venkateshkumar & Raghavan, 2016) . S&G tekniğinin rüzgâr enerjisi dönüşümündeki tek dezavantajı, rüzgâr hızının hızlı değişimini takip edememeleri ve böylece genel sistemin verimliliğini ve MGN takip hızını etkilemeleridir.



Şekil 2. S&G yöntemi akış şeması .

2.3 Arduino Modeli

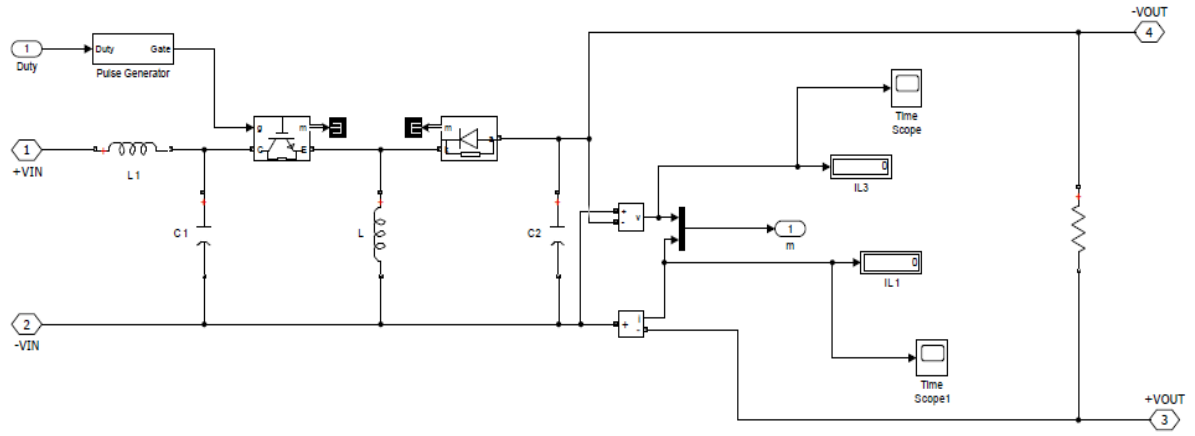
Maksimum Güç Noktası Takibi (MGNT) yapılabilmesi için S&G yönteminin bir kontrol kartında gerçekleştirilmesi ve uygulanması büyük bir zorluğu beraberinde getirmektedir. DSPACE, FPGA gibi kontrol kartında gerçekleştirilen uygulamalar Arduino kartlarına göre daha maliyetli olmaktadır (Badreddine , Smail, Bourhaleb , & Elhafyani, 2016) . Arduino mikrodenetleyici, hem hobi hem de profesyonel pazarda önemli ölçüde ilgi gören, kullanımı kolay ancak güçlü tek kartlı bir bilgisayardır. Arduino kartlarının kullanımı ile daha kolay bir şekilde arayüz devresi oluşturabilmekte, programlar yazabilmekte, motorları ve ışıkları kontrol edebilmekteyiz. Arduino, C dilinden türetilen basit bir programlama dili kullanmaktadır. Bu dil C diline oranla sınırlı komut setine sahiptir ve bu nedenle daha kullanıcı dostu bir arayüze ve programlama diline sahiptir. Sistemimizde S&G MGNT yöntemini uygulamak için ATmega328 tabanlı Arduino Uno kartı kullanılmıştır. Arduino Uno kartı Tablo 1. de görüldüğü gibi14 adet dijital giriş / çıkış pinine sahiptir.

Tablo 1. Arduino Uno Kartı Genel Özellikleri

Mikrodenetleyici	ATmega328
Çalışma Gerilimi	5V
Giriş Gerilimi (önerilen)	7-12V
Giriş Gerilimi (limit)	6-20V
Dijital G/Ç Pinleri:	14 (6 tanesi PWM çıkışı)
Analog Giriş Pinleri	6
Her G/Ç için Akım	40 mA
3.3V Çıkış için Akım	50 mA
Flash Hafıza	32 KB (ATmega328)
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Saat Hızı	16 MHz
Uzunluk	68.6 mm
Genişlik	53.4 mm
Ağırlık	25 g

2.4 Buck-Boost Dönüştürücü

Boost dönüştürücüler diğer dönüştürücülere göre düşük maliyetli ve kontrol yapılarının daha kolay olmasından dolayı küçük ölçekli rüzgâr türbinlerinde çok sık kullanılmaktadır (Srivastava ve Tripathi, 2014). Değişken hızlı rüzgâr türbinlerinin verimliliğini artırabilmek amacıyla güç elektroniği sistemleri kullanılarak MGNT uygulamaları yaygın şekilde kullanılmaktadır.10 kW'dan küçük ölçekli rüzgâr türbinlerinde ise, en sık kullanılan dönüştürücü tipi köprü diyottan oluşan bir doğrultma devresi ve doğrultulan doğru akımı sınırlandırabilecek bir dc / dc dönüştürücüdür (Khalil, Lee, ve Seok, 2004). Buck-Boost dönüştürücüler, yapısındaki Mosfet transistörlere uygulanan görev döngüsü sinyalinin değiştirilmesi prensibi ile sistemin ihtiyacı olan gerilimi elde edebilmek için tasarlanmıştır. REDS çıkışından elde edilen gerilim girişe uygulanan değişken rüzgâr hızları nedeniyle sürekli olarak değişmektedir. Bu aşamada devreye giren S&G algoritması maksimum gücün takibini yapmaktadır. Buck-Boost dönüştürücü bu aşamada gerilimin arttırılması ya da azaltılması görevini gerçekleştirecektir. Çıkış geriliminde hangi yönde değişiklik olacağına tasarlanmış olan S&G algoritması karar verecek ve Mosfet transistörlere uygun görev döngüsü sinyalini gönderecektir. Şekil 3. te önerilen sistem için tasarlanmış olan Buck-Boost dönüştürücüye ait MATLAB/SIMULINK şeması görülmektedir

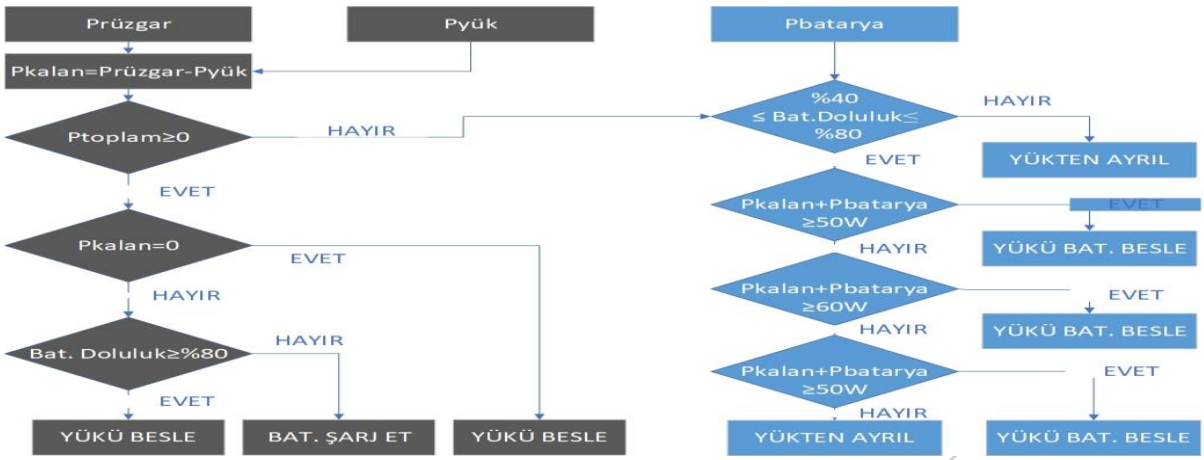


Şekil 3. Buck-Boost dönüştürücü MATLAB/SIMULINK şeması

2.5 Batarya Yönetim Sistemi

REGS'te üretilen enerji sisteme uygulanan değişken rüzgâr hızları nedeniyle değişkenlik göstermektedir. Hava şartlarının değişkenlik gösterdiği sistemlerde güç akışınında süreklilik sağlayabilmek için bir batarya yönetim sistemine ihtiyaç duyulmaktadır (Roumila, Djamila, ve Rekioua, 2017). Tasarladığımız sistemimizde çıkışımıza bağlanan sabit yükün enerji talebinin sürekli olarak karşılanabilmesi prensibi üzerinde durulmuştur. Bu doğrultuda tasarladığımız sistemde batarya sistemi dahil edilmiştir. Rüzgârın olmadığı durumlarda batarya sistemi devreye girerek yükün enerjisi talebini karşılanmıştır. Batarya yönetim sisteminde çalıştırılan algortima ile üretilen enerjinin yükün ihtiyacından fazla olması durumunda batarya gruplarının şarj edilmesi sağlanmıştır. Sistemin ürettiği toplam enerjinin beslenen yüke ne kadar yettiği ve bataryaların hangi durumlarda şarj edileceğine enerji yönetim algoritması karar verecektir. Sistemde herhangi bir sebeple enerji kesintisi olması durumunda enerji yönetim algoritması rüzgâr türbini çıkışlarından alınan enerji çıkışlarını kapatarak sistemin besleme noktasını batarya gruplarına çevirecektir. Tam tersi durumda sistemin ihtiyacından fazla üretilen enerji olması durumunda ise enerji yönetim algoritması bataryaların şarj edilmesine karar vererek üretilen fazla enerjinin bataryalarda depolanmasına imkân sağlayacaktır. Rüzgâr hızının değişken olduğu sistemlerde batarya ömrünü uzatmak ve enerji verimliliğini sağlamak amacıyla bataryanın hangi şartlarda şarj edileceğine karar verecek bir sistem tasarımında bulanık mantık uygulamaları klasik kontrol yöntemlerine göre daha verimli olabilmektedir (Saranya ve ark., 2015). Şebeke bağlantısı bulunmayan bölgelerde enerji ihtiyacının karşılanması amacıyla tercih sebebi olan küçük güçlü rüzgâr türbinlerinin tasarım aşamasında dikkat edilmesi gereken konulardan biri de tesisin bulunduğu bölgede rüzgâr esmediği durumlarda tesisin enerji ihtiyacının hangi yolla karşılanacağı

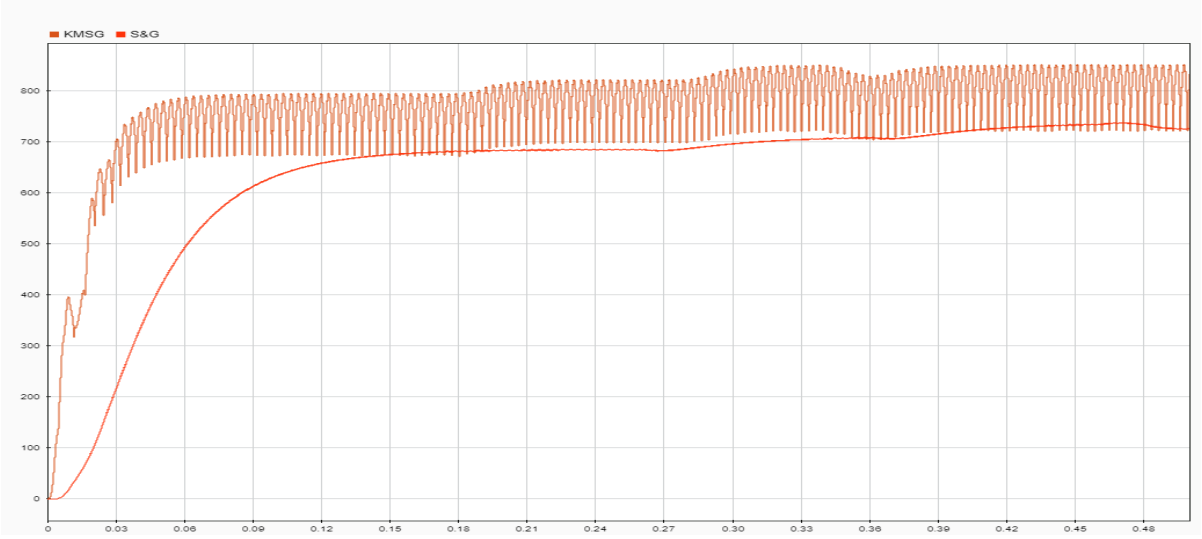
olmaktadır. Şekil 4. te verilen akış şemasında batarya yönetim sisteminin hangi durumlarda nasıl davranış göstereceği detaylıca açıklanmış ve çıkışta bulunan yükün sürekli olarak enerjili kalması sağlanmıştır.



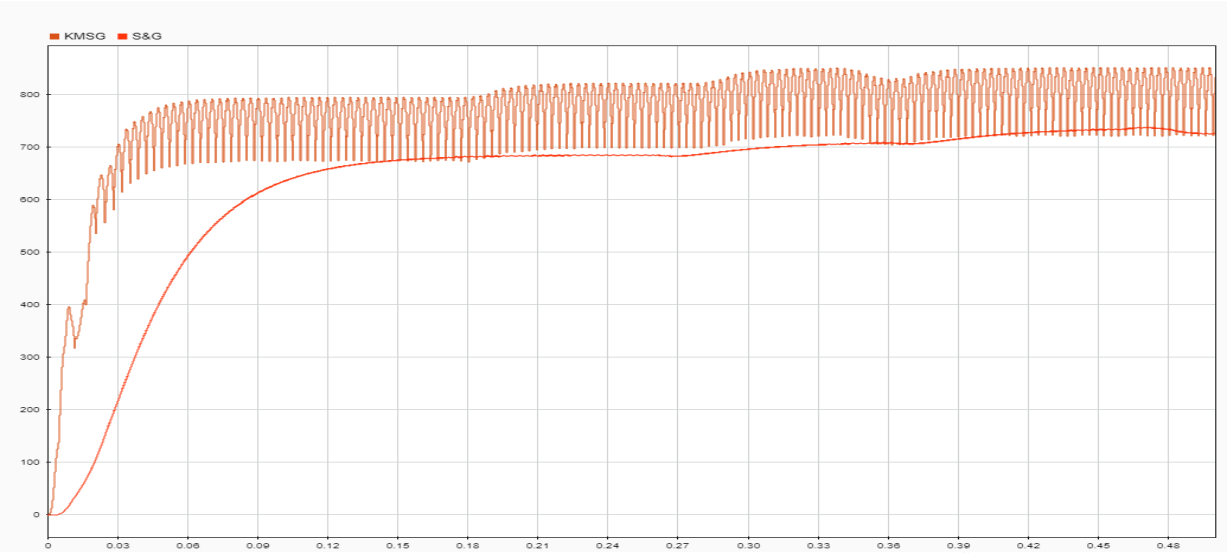
Şekil 4. BYS akış şeması

3. SONUÇ

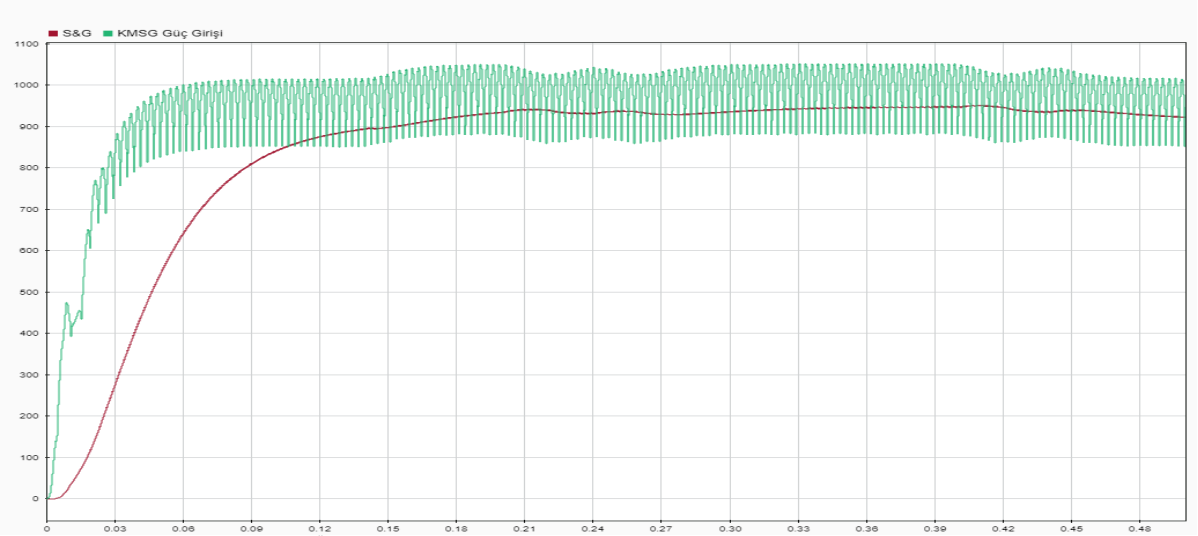
Değişken rüzgâr hızları uygulanmış sistemimizde SMSG çıkış gücüne göre MGNT yapılmış ve S&G algoritmasının etkinliği araştırılmıştır. Sistem çıkışından alınan veriler analiz edilmiş ve sonuçları aşağıda çıkarılmıştır. Rüzgâr hızları simülasyon aşamasında sırasıyla doğal şartlara uygun olması düşünülerek 6 m/s,10m/s ve 12m/s olarak değişken seçilmiştir. Giriş SMSG gücü 12m/s lik hızda 1000 W olacak şekilde seçilmiştir. Bu sayede değişken rüzgâr hızlarında giriş ve çıkış güçlerindeki değişim ile birlikte S&G algoritmasının uygulandığı durumlardaki çıkış gücündeki değişim her rüzgar hızı seviyesinde ayrı ayrı gözlenerek karşılaştırılmaları yapılabilmiştir.Yapılan simülasyon çalışmalarında sisteme uygulanan değişken hızlarda SMSG çıkışından alınan güç değerleri değişken rüzgar hızlarında farklı olsa da S&G algoritmasının denendiği MGNT uygulamasının maksimum noktayı belirli bir noktada yakalayabildiği görülmektedir. Şekil 5-7. de farklı rüzgâr hızlarındaki SMSG çıkışlarında önerile algoritmanın davranışları görülebilmektedir.



Şekil 5. 6 m/s hızındaki SMSG çıkışları ve S&G algoritmasının karşılaştırılması



Şekil 6. 10 m/s hızındaki SMSG çıkışları ve S&G algoritmasının karşılaştırılması



Şekil 7. 12 m/s s hızındaki SMSG çıkışları ve S&G algoritmasının karşılaştırılması

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada S&G tabanlı çalışan gibi bir MGNT kontrolörü modellenmiş ve değişen rüzgâr hızları altında rüzgâr türbini güç çıkışları önerilen yöntemin analizi yapılmıştır. Önerilen denetleyicinin performansı analiz edilerek S&G tabanlı denetleyicinin verimli ve güvenilir olduğu, maksimum güç noktası takibinde başarılı bir yöntem olduğu doğrulanmıştır. S&G tabanlı teknik, sistemin kararlı olduğu durumlar için uygundur. Rüzgâr hızının yüksek değişkenlik gösterdiği durumlarda S&G algoritmasının maksimum gücü belirlemesi aşamasında noktalar arasındaki geçişlerinin yavaş olması, bu yöntemin zayıf noktası olarak görülmüştür. P&O, uygulama kolaylığı ve düşük maliyeti nedeniyle ağırlıklı olarak kullanılmaktadır. Tercih edilen MGNT algoritmasını doğrulamak amacıyla, sabit bir yüke bağlı bir dönüştürücü kullanarak Matlab/SIMULINK ortamında modellenmiştir. MGNT kontrolünün modellenmesi ATMEGA328 tabanlı Arduino Uno kartı kullanılarak yapılmıştır. Simulasyon sonuçları önerilen MGNT algoritmasının geçerliliğini göstermektedir. MGNT kontrolü, rüzgar hızının değişimi ne olursa olsun, REDS sistemlerimizin maksimum güç noktası MGN'sini gerçek zamanlı olarak takip ettiği doğrulanmıştır.

Kaynaklar

ASSAAD, M. (2017), *Arduino Based Hybrid Mppt Controller For Wind And Solar*,Texas: University Of North Texas.

BADREDDINE , L., SMAIL, Z., BOURHALEB , M., & ELHAFYANI, M. (2016), Real time study of P&O MPPT control for small wind PMSG, *8th International Conference on Sustainability in Energy and Buildings* (s. 1000 – 1009),Turin, ITALY: Sciencedirect.

ELTAMALY, A., & FARH, H. M. (2012), Maximum Power Extraction From Wind Energy System Based On Fuzzy Logic, *Electric Power Systems Research*, 145.

JUBAER AHMED, Z. S. (2015). An Improved Per-Turb And Observe (P&O) Maximum Power Point Trac-King (MPPT) Algorithm For Higher Efficiency, *Applied Energy*, 98-107.

KHALIL, A. G., LEE, D. C., & SEOK, J. K. (2004), Variable Speed Wind Power Generation System,*2004 35th Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference* (s. 2039), Aachen, Germany: IEEE.

PUTRI, R. I., RIFA, M., PUJIANTARA, M., PRIYADI, A., & PURNOMO, M. (2017), Fuzzy Mppt Controller For Small Scale Stand Alone, *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 188.

ROUMILA, Z., DJAMILA, R., & REKIOUA, T. (2017, June 2), Energy Management Based Fuzzy Logic Controller Of Hybrid System Wind/Photovoltaic/Diesel With Storage Battery, *International Journal of hydrogen energy*, 1-10.

SARANYA, S., SATHYAMOORTHI, S., & GANDHIRAJ, R. (2015, APRIL 6), A Fuzzy Logic Based Energy Management System, *ARPN Journal Of Engineering And Applied Sciences*, 2663-2669.

SHAHI, A., & BHATTACHARJEE, C. (2018), A Study & Analysis of Fuzzy Based P&O MPPT, *IEEE International Conference on Technologies for Smart-City Energy Security and Power (ICSESP-2018)* (s. 978), Bhubaneswar, India: IEEE.

SRIVASTAVA, B. B., & TRIPATHI, E. S. (2014), Tracking Of Maximum Power From Wind Using Fuzzy Logic Controller Based On PMSG, *International Journal Of Modern Engineering Research (IJMER)*, 44.

TAFTICHT, T., AGBOSSOU, K., & CHERITI, A. (2006),DC Bus Control Of Variable Speed Wind Turbine, *2006 IEEE Power Engineering Society General Meeting.* Montreal, Que., Canada: IEEE. Doi:10.1109/PES.2006.1709469

TIWARI, R., & BABU, R. (2016), Fuzzy Logic Based Mppt For Permanent Magnet Synchronous. *IFAC (International Federation of Automatic Control)* (s. 462), Sherbrooke: ScienceDirect.

VENKATESHKUMAR, M., & RAGHAVAN, R. (2016), Hybrid Photovoltaic and Wind Power System with Battery Management System using Fuzzy Logic Controller, *International Journal of Applied Power Engineering (IJAPE)*, 72-78.

GENETİK ALGORİTMA KULLANILARAK VALF NOKTA ETKİLİ EKONOMİK VE ÇEVRESEL YÜK DAĞITIMI

Cenk ANDİÇ
İstanbul Teknik Üniversitesi / Elektrik-Elektronik Fakültesi / Elektrik Mühendisliği
andic18@itu.edu.tr Orcid ID: 0000-0003-1123-899X

Ali ÖZTÜRK
Düzce Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Elektrik-Elektronik Mühendisliği
*aliozturk@duzce.edu.*tr Orcid ID: 0000-0002-3609-3603

Salih TOSUN
Düzce Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Elektrik-Elektronik Mühendisliği
salihtosun@duzce.edu.tr Orcid ID: 0000-0002-5698-6628

Özet

Dünyada ve ülkemizde talep edilen elektrik enerjisi her geçen yıl artmaktadır ve bu talep çok yüksek oranda termik üretim birimleri tarafından karşılanmaktadır. Ekonomik Yük Dağıtımı (EYD) probleminde, termik üretim birimlerinin yakıt maliyetlerini en aza indirecek şekilde sistemin işletilmesi amaçlanmaktadır. Termik santrallerinin yakıt maliyet fonksiyonu 2. dereceden (konveks) bir denklem ile ifade edilir. Bu çalışmada, generatörün çıkış gücünü arttırmak için buhar türbinin kontrol vanasının kontrol edildiği düşünülmüştür. Böylece termik santrallerin yakıt maliyet fonksiyonu konveks olmayan yapıya dönüşmüştür. Konveks olmayan problemlerin çözümünde sezgisel yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışmada buhar türbinlerinin valf nokta etkisini görebilmek adına 3 farklı test sisteminde EYD problemi valf nokta etkili ve etkisiz olarak Genetik Algoritma (GA) kullanılarak çözülmüştür. Elde edilen sonuçların karşılaştırılabilmesi adına aynı problem Simbiyotik Organizmalar Arama (SOA) algoritması ile çözülmüştür. Termik santrallerin baca gazları ile atmosfere salmış oldukları gazlar örneğin karbondioksit (CO_2), kükürtdioksit (SO_2), Azot oksit (NO_X) hava kirliliğine sebep olmaktadır. Ekonomik ve Çevresel Yük Dağıtımı (EÇYD) probleminde ise termik üretim birimlerin hem maliyetini hem de çevreye salmış oldukları zararlı gaz emisyonunu minimize edecek şekilde güç sisteminin işletilmesi amaçlanmaktadır. İkinci aşamada ise IEEE 30 baralı test sisteminde EÇYD problemi GA ile çözülmüştür. Güç sisteminin işletilmesinde valf nokta etkisinin termik üretim birimlerinin yakıt maliyetini daha gerçekçi ifade ettiği ve GA sonuçlarıyla sistemin ekonomik ve çevresel işletilmesinin daha düşük maliyetli olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Ekonomik ve çevresel yük dağıtımı, Valf nokta etkisi, Genetik algoritma.

COMBINED ECONOMIC AND EMISSION DISPATCH WITH VALVE POINT EFFECT USING GENETIC ALGORITHM

Abstract

The demanded electrical energy in the world and in our country is met by thermal fuel plants with a very high rate. In the Economic Dispatch (ED) problem, it is aimed to operate the system in a way that minimizes the fuel cost of thermal power plants. The fuel cost of thermal power plants is expressed with a 2nd degree (convex) equation. In this study, it is thought that steam turbine generators have a steam control valve that opens respectively by increasing the output power. In this case, the fuel cost function of thermal power plants has become non-convex. In this study, thermal plants should operate by using Genetic Algorithm (GA) is one of the heuristic methods for non-convex problem, the ED problem for 3 different systems has been solved with valve point both effect and ineffective. In addition, thermal power plants release gases into the atmosphere with the effect of flue gas such as carbon dioxide (CO_2), sulfur dioxide (SO_2), nitrogen oxide (NO_x), thus causing air pollution. Therefore combined economic and emission dispatch problem is solved by using the multi-objective function in the IEEE 30 bus test system. In the study, GA results were compared with another heuristic method, Symbiotic Organisms Search (SOS) algorithm. It has been observed that the valve point effect in the operation of the power

system expresses the fuel cost more accurately and the results of the GA provide in economic and environmental dispatch better operating conditions.

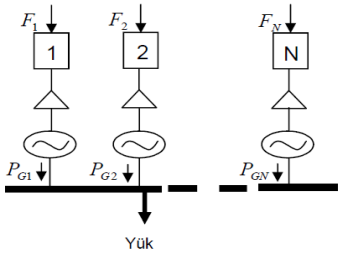
Keywords: Combined economic and emission dispatch, Valve point effects, Genetic algorithm.

1. GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte güç sisteminde enerji talebi gün geçtikçe artmaktadır. Güç dağıtımı problemi, tüm birim ve sistem eşitliği ve eşitsizlik kısıtlamalarını karşılarken, yük talebini karşılamak için taahhüt edilen birimler için optimum çalışma politikasını bulmaktır. Yakıt maliyetinin en aza indirilmesi, geleneksel Ekonomik Yük Dağıtım (EYD) probleminin (Duman ve ark., 2015) amacıdır. Mevcut enerji üretiminin büyük bir kısmı çevresel temiz enerji kaynaklarından üretilmemektedir. Dünyada elektriğin yaklaşık %63'ü fosil yakıtların yakılmasıyla elde edilmektedir ve bu oran Türkiye'de yaklaşık %55'tir.(Çetin ve ark., 2020) Kömürle çalışan elektrik santralleri tarafından NO_x, CO_2, SO_2 gazları yayılmaktadır. Hava kirliliğine olan ilginin artmasıyla, termik santrallerin kullandığı fosil yakıtların kirletici emisyonlarını göz ardı eden geleneksel ED artık ihtiyaçları karşılamıyor. Bu nedenle, alternatif olarak Ekonomik ve Çevresel Yük Dağıtımı (EÇYD) daha çekici hale gelmiştir, çünkü hem baca gazlarından atmosfere yayılan gazları hem de ekonomik işletme maliyetini dikkate almaktadır (Özyön ve ark., 2015). Dolayısıyla EÇYD problemi, birbiriyle çelişen hedeflerin eş zamanlı olarak optimize edildiği çok amaçlı bir optimizasyon problemidir (Güvenç ve ark., 2019). Bu durumda, EÇYD probleminin çözümündeki çok amaçlı optimizasyon problemi, bir seferde yalnızca bir hedefi veya iki hedefin doğrusal kombinasyonunu dikkate alan tek bir amaç optimizasyon problemine dönüştürülmektedir. Literatürde, bu tür optimizasyon problemi, diferansiyel evrim algoritması (DE) (Noman ve ark., 2008), parçacık sürüsü optimizasyon algoritması (PSO) (Bouktir ve ark., 2007), yapay arı kolonisi algoritması (ABC) (Secui, 2015), doğrusal programlama algoritması (SLP) (Jabr ve ark., 2000), evrimsel programlama algoritmaları (EP) (Sinha ve ark., 2003), yapay sinir ağı (Yalcinöz ve ark., 1998) ve karga arama algoritması (Andiç ve ark., 2020) ile çözülmüştür. Bu çalışmada EYD problemi Genetik Algoritma (GA) (Goldberg ve ark., 1986) kullanılarak çözülmüştür. İlk aşamada EYD problemi, genetik algoritma kullanılarak hem valf noktası etkisi hem de etkisiz 3 farklı test sisteminde çözülmüştür. Böylece valf noktası etkisinin daha gerçekçi bir maliyet analizi yaptığı görülmüştür. GA sonuçlarını karşılaştırmak için EYD problemi aynı zamanda Simbiyotik Organizma Arama (SOS) Algoritması (Dosoglu ve ark., 2018) ile çözülmüştür. Böylece, GA'nın problem çözme işleminin başarılı olduğu gösterilmiştir. Ayrıca, IEEE 30 baralı 6 generatörlü test sisteminde (Aydin ve ark., 2014) EÇYD problemi GA ile çözülmüştür.

2. EKONOMİK VE ÇEVRESEL YÜK DAĞITIMI PROBLEMİNİN TANITILMASI

EÇYD problemi, güç sistemlerindeki artan yük taleplerini jeneratörlerin yakıt maliyetini en aza indirgemek amaçlı, jeneratörlerin çalışma sınır aralığını göz önünde bulundurarak eş zamanlı olarak paylaştırılması ile çözülür. Ekonomik yük dağıtımı, belirli kısa periyotlar ile istenilen yük istikametinde sistemde bulunan tüm üretim birimleri için güç paylaştırılmasıdır (Andiç ve ark., 2020). Şekil 1'deki güç sisteminde yükün talep ettiği gücün, N adet termik santral tarafından karşılanması gösterilmektedir. Şekil 1'deki F_1, F_2, .., F_N ifadeleri her bir termik santralin yakıt maliyetini temsil etmektedir.



Şekil 1. Yükün talep ettiği gücü karşılayan N adet termik yakıtlı santral (Andiç ve ark., 2020).

Yük tarafından talep edilen güçler, güç sisteminde bulunan termik santraller arasında paylaşılmaktadır. Termik santraller bu çıkış gücünü üretebilmek için yakıt yakmaktadırlar ve her bir termik santralin yakıt maliyeti fonksiyonu farklıdır. EYD probleminin amacı, sistemde bulunan tüm termik santrallerin yakıt maliyet toplamını en aza indirgeyecek şekilde şebekenin işletilmesidir ve EÇYD probleminin amacı termik generatörlerin hem maliyetini hem de emisyon değerini minimize etmektir, Denklem (1)'de problemin amaç fonksiyonu ifade edilmektedir.

Amaç fonksiyonu;

$$C = Min\left[\sum_{i=1}^{N} w.F_i(P_{Gi}) + \sum_{i=1}^{N}(1-w).\gamma.E_i(P_{Gi})\right] (\$/h) \quad (1)$$

Denklem (1)'de ifade edilen w ağırlık katsayısıdır, γ ölçeklendirme faktörüdür. $F_i(P_{Gi})$, termik santrallerin yakıt maliyetini ifade etmektedir ve $E_i(P_{Gi})$ ise termik santrallerin NO_x emisyonunu ifade etmektedir. $E_i(P_{Gi})$ (ton/h) ile ifade edilirken, $F_i(P_{Gi})$ (\$/h) ile ifade edilir iki ifade arasında birim farkı olduğu için toplama işlemi yapılamaz. (ton/h) birimi (\$/h) birimine dönüştürmek için ölçeklendirme faktörü (γ) kullanılmaktadır böylece her iki ifade de (\$/h) cinsinden ifade edilmiş olur.

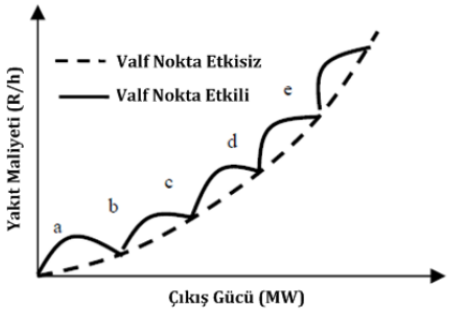
$F_i(P_{Gi})$, termik santralların yakıt maliyet fonksiyonu Denklem (2)'de belirtilmiştir.

$$F_i(P_{Gi}) = \sum_{i=1}^{N}\left(a_i + b_iP_{Gi} + c_iP_{Gi}^2\right) \ (\$/h) \quad (2)$$

Denklem (2)'de belirtilen a_i, b_i ve c_i katsayıları termik santralin yakıt maliyet katsayısıdır. Eğer termik üretim birimlerine buhar türbinin valf nokta etkisi dahil edilirse yakıt maliyet fonksiyonu Denklem (3)'tekine dönüşmektedir.

$$F_i(P_{Gi}) = \sum_{i=1}^{N}\left(a_i + b_iP_{Gi} + c_iP_{Gi}^2 + \left|d_i.\sin(e_i.(P_{G,i}^{min} - P_{Gi}))\right|\right) \quad (\$/h) \quad (3)$$

Denklem (3)'te belirtilen d_i ve e_i katsayıları termik santralin valf nokta etkisini temsil eden katsayılardır. Valf nokta etkisinin maliyete dahil edilmesi ile, yakıt maliyet fonksiyonu konveks olmayan bir yapıya dönüşmüştür. Buhar türbinlerinin valf nokta etkisi, generatörünün çıkış gücünün arttırılabilmesi için borulardan geçen buharın vana ile kontrol edilmesidir. Vananın daha fazla açılması ile borudan daha fazla buhar geçişine izin verilecektir. Vananın açılması ile verimin maksimize edilmesi amaçlanmaktadır ve yakıt maliyeti fonksiyonunda bir dalgacık (ripple) meydana gelmektedir. Valf nokta etkisinin yakıt maliyetine olan etkisi ve oluşan dalgacıklar Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. Valf nokta etkisinin yakıt maliyeti fonksiyonuna olan etkisi (Özyön ve ark., 2012).

$E_i(P_{Gi})$, termik santralların NO_x emisyon fonksiyonu Denklem (4)'te gösterilmiştir.

$$E_i(P_{Gi}) = \sum_{i=1}^{N} \alpha_i + \beta_i P_{Gi} + \eta_i P_{Gi}^2 + \xi_i \exp(\lambda_i P_{G,i}) \quad (ton/h) \tag{4}$$

Denklem (4)'te ifade edilen α_i, η_i, ξ_i ve λ_i katsayıları NO_x emisyon katsayılarıdır. EYD bir optimizasyon problemidir ve optimizasyon problemli amaç fonksiyonu ve kısıt fonksiyonundan oluşmaktadır. Denklem (1) EÇYD probleminin amaç fonksiyonudur. Kısıt fonksiyonu ise eşitlik kısıtı ve eşitsizlik kısıtından oluşmaktadır. Eşitlik kısıtı, termik santrallarden üretilen güç, yüklerin talep ettiği gücü ve hatlarda meydana gelen kayıpları karşılamalıdır şeklinde ifade edilmektedir. Denklem (5)'te EYD problemi için eşitlik kısıtı gösterilmiştir.

$$\sum_{i=1}^{N} P_{G,i} - P_{Talep} - P_{Kayıp} = 0 \tag{5}$$

Denklem (5)'te belirtilen P_{Talep} yüklerin talep ettiği toplam güçtür. $P_{Kayıp}$ iletim hatlarında meydana gelen kayıptır. Bir diğer kısıt fonksiyonu, eşitsizlik kısıtıdır. Sistemin ekonomik olarak işletilmesi için generatörlerin yük paylaşımı yapılmasında generatörlerin çalışma sınır aralıkları dikkate alınmalıdır. Denklem (6)'da eşitsizlik kısıtı olan generatörlerin çalışma sınır aralıkları gösterilmiştir.

$$P_{G,i}^{min} \leq P_{G,i} \leq P_{G,i}^{max} \tag{6}$$

Denklem (5)'te belirtilen $P_{Kayıp}$, sistemin işletilmesi esnasında iletim hatlarında meydana gelen kayıplardır. Denklem (7)'de belirtilen kayıp matrisleri kullanılarak kayıplar hesaplanabilmektedir.

$$P_{Kayıp} = \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{N} P_i B_{ij} P_j + \sum_{i=1}^{N} B_{0i} P_i + B_{00} \quad (\$/h) \tag{7}$$

Toplam yakıt maliyet oranı $F_i(P_{Gi})$ ve toplam NO_X emisyon oranı $E_i(P_{Gi})$ (8) – (9) Denklemlerinde sırasıyla gösterilmiştir.

$$F_{Toplam}(P_{G,i}) = \sum_{i=1}^{N} F_i(P_{Gi}) \quad (\$/h) \tag{8}$$

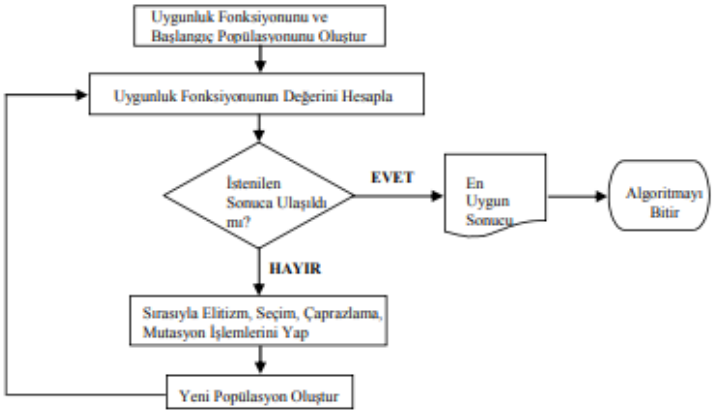
$$E_{Toplam}(P_{G,i}) = \sum_{i=1}^{N} E_i(P_{Gi}) \quad (ton/h) \tag{9}$$

3. GENETİK ALGORİTMA

GA, genetik mantığını temel alan geleneksel optimizasyon metotları içerisinde çok zor olarak kabul edilen çok değişkenli optimizasyon problemlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (Öztürk ve ark., 2009). GA geleneksel optimizasyon yöntemlerinde olduğu gibi bir tane başlangıç noktası ile çözüme başlamaz. GA tanımlanan Uygunluk Fonksiyonu (UF) değişkenlerinin dikkate alınmasıyla rastgele oluşturulan bir başlangıç popülasyonuna göre çok sayıda çözümler ile çalışmaya başlar. Daha sonra genetik operatörleri (elitizm, seçim, çaprazlama, mutasyon) kullanarak çözümleri optimum çözüme getirmeye çalışır (Öztürk ve ark., 2009). Bu sayede çok sayıda çözümün içinden iyiler seçilir, kötüler elenir. Başlangıç popülasyonu, değişkenlerin kodlanmaları sonucunda rastgele oluşturulur.

Değişkenler ikilik kodlama, permütasyon kodlama, değer kodlama, ağaç kodlama gibi değişik şekillerde kodlanabilmektedir (Öztürk ve ark., 2009). Kodlama çeşidinin seçiminde ele alınan problem yapısı büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada değişkenler 0 ve 1 genlerinin kombinasyonları olarak kodlanarak popülasyonu oluşturmaktadır. Popülasyonun her bir satırı için UF değerleri hesaplanır. UF değerleri dikkate alınarak, GA'nın operatörlerinin kullanımı neticesinde yeni bir popülasyon oluşturulur. Her yeni popülasyonda UF değerleri hesaplanır. Bunlar arasında en iyi sonuç verenleri göz

önünde bulundurulur. GA'da belirlenen jenerasyon sayısı kadar bu işlemler iteratif olarak devam eder. Bu şekilde GA ile sürekli iyiye doğru giden çözümler sağlanarak istenilen sonuca ulaşılmaya çalışılır. GA'nın akış şeması Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Genetik algoritmanın akış şeması.

3.1. Uygunluk Fonksiyonunun Oluşturulması

Bir güç sisteminde EYD problemi GA kullanılarak çözülmüştür. Bunun için Amaç Fonksiyonu (AF) olarak, EYD problemindeki tüm generatörlerin maliyet fonksiyonlarının toplamı Denklem (1)'de verilmiştir. EYD problemi çözülürken generatörler, sistemdeki yüklerin talep ettikleri toplam yük değerini Denklem (6)'da göre belirlenen generatörlerin çalışma sınır değerleri aralığına uyacak şekilde minimum maliyette işletilmesi istenilmektedir.

Kısıt fonksiyonu ise eşitlik kısıtı ve eşitsizlik kısıtından oluşmaktadır. Generatörlerin ürettiği güçler, sistemde bulunan yüklerin talep ettikleri toplam yükü ve sistemin işletilmesi esnasında oluşacak kayıpları karşılamalıdır Denklem (5)'de belirtilmiştir. Generatörler minimum maliyet ile bu yük paylaşımını yaparken generatörlerin çalışma sınır aralıklarına uyulmalıdır. Bu durum Denklem (6)'da eşitsizlik kısıtı olarak verilmiştir. Uygunluk Fonksiyonu (UF), Amaç Fonksiyonu (AF) ve Ceza Fonksiyonundan (CF) oluşmaktadır. Ceza fonksiyonu, eğer sezgisel algoritma generatörlerin yük paylaşımını yaparken belirtilen eşitlik ya da eşitsizlik kısıtlarına uymadıkları takdirde bir cezanın oluşmasıdır. Ceza fonksiyonu ise oluşan cezanın karesini alıp problemin duruma uygun bir ceza faktörü ile çarpılmasıdır.

$$CF = ax(KF_i)^2 \tag{10}$$

Denklem (10)'da CF gösterilmiştir. a ceza faktörüdür. Bu çalışmada ceza faktörü 50 kabul edilmiştir.

3.2. Değişkenlerin Kodlanması

Başlangıç popülasyonu tüm elemanları rastgele oluşturulan bir gen havuzunu temsil etmektedir. Bu gen havuzunun oluşturulmasında değişik kodlama yöntemleri olup bu çalışmada ikili sayı sistemi kullanılması tercih edilmiştir. Bu sistemde genler 0 ve 1 elemanlarından oluşmaktadır. Uygunluk fonksiyonunda kaç tane değişken varsa bu değişkenlerin bit sayısına göre kodlanan genleri yan yana gelerek popülasyonda bireyleri meydana getirmektedirler. Başlangıç popülasyonu oluşturulduktan sonra popülasyondaki her birey kodlandığı ikilik sayı sistemi onluk sayı sistemine çevrilerek her bir birey için UF değeri hesaplanılmaktadır. GA operatörleri olan elitizm, seçim, çaprazlama ve mutasyon basamakları her bir jenerasyonda yeni bir popülasyonu oluşturmaktadır.

3.3. Genetik Algoritma Operatörleri

İkilik sayı sistemindeki başlangıç popülasyonunun her bireyinin onluk sayı sistemine çevrilmesi ile popülasyon sayısı kadar uygunluk değeri hesaplanmaktadır. Bunlardan en küçük değeri veren iki birey elitizm ile elit bireyler olarak seçilir ve geri kalan bireyler aralarında turnuva metodu ile ebeveyn seçim işlemine tabi tutulur. Ebeveynin seçilmesi ile anne ve baba adayları belirlenmiş olur ve çaprazlama

operatörü ile çocuklar elde edilir. Anne ve baba sayısı kadar çocuk elde edilir. Daha sonra çocukların belirlenen bir geninde mutasyon operatörleri uygulanarak yeni gen havuzu için yeni bireyler elde edilmiş olur (Saruhan, 2004).

Çaprazlama operatörü seçilen bireylerin gen takası ile yeni birey olmaya aday bireylerin oluşturmaları işlemidir. Bu çalışmada çaprazlama oranı 0.9 olup tek noktalı çaprazlama operatörü kullanımı Şekil 4'te gösterilmiştir. GA çalışmasında mutasyon oranı 0.035 olarak belirlenmiştir. Şekil 5'te ise mutasyon işlemi gösterilmiştir (Saruhan, 2004). Her popülasyon bir jenerasyon demek olup algoritma defalarca çalıştırılarak jenerasyon sayısı bu çalışmada 1500 olarak belirlenmiştir. Algoritma en az 40 kez koşturulmuş ve elde edilen en iyi değerler gösterilmiştir.

Anne	1 0 1 0 1 1 1 0 1……1 1 1 1 0 1 0 1 0 1 0 1
Baba	0 1 0 1 1 0 0 1 1……... 0 1 0 1 1 0 0 1 0 1 1 1
Çocuk1	1 0 1 0 1 1 1 0 1……... 1 1 0 1 1 0 0 1 0 1 1 1
Çocuk2	0 1 0 1 1 0 0 1 1……... 0 1 1 1 0 1 0 1 0 1 0 1

Şekil 4. Tek noktalı çaprazlama.

Mutasyondan önce	
Çocuk 1	10101110……..110111…..100111…..010…..11101010101
Mutasyondan sonra	
Birey 1	10101110……..111111…..101111…..000…..10101010101

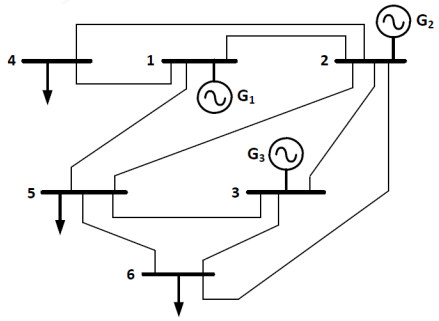
Şekil 5. Genetik algoritmada mutasyon operatörü.

4. SİMÜLASYON SONUÇLARI

Genetik algoritma 4 farklı test sistemine uygulanmıştır. Genetik algoritmanın performansını mukayese edebilmek adına problemler eş algoritma parametreleri ile Simbiyotik Organizmalar Arama (SOA) algoritması ile çözülmüş ve sonuçları karşılaştırılmıştır.

4.1. Test Sistemi 1: 6 Baralı Test Sistemi

6 baralı test sisteminde 3 termik generatör bulunmaktadır. Sistemdeki yüklerin talep ettiği toplam güç değeri 210 MW'tır. 6 baralı test sisteminin tek hat şeması Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. 6 baralı test sisteminin tek hat şeması (Özyön ve ark., 2012).

Test sisteminde bulunan 3 generatörün valf nokta etkili yakıt maliyet fonksiyonu katsayıları (a_i, b_i, c_i, d_i *ve* e_i) ile generatörlerin çalışma sınır aralıkları ($P_{G,n}^{min}$ *ve* $P_{G,n}^{max}$) Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. 6 baralı test sisteminin parametreleri (Özyön ve ark., 2012).

Bara Numarası	1	2	3
a	213.1	200.0	240.0
b	11.669	10.333	10.833
c	0.00533	0.00889	0.00741
d	130.0	90.0	100.0
e	0.0635	0.0598	0.0685
$P_{(min)}$ (MW)	50	37.5	45
$P_{(max)}$ (MW)	200	150	180

Yükün sistemden talep ettiği 210 MW'lık gücü minimum maliyet ile kısıtlar göz önünde bulundurularak jeneratörler tarafından GA kullanılarak paylaştırılmıştır. Valf nokta etkisinin öneminin daha açık anlaşılabilmesi için EYD problemi valf nokta etkili ve etkisiz olarak GA ile en az 40 kez koşturulmuştur. Elde edilen sonuçlar Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. 6 baralı test sisteminin valf nokta etkili ve etkisiz GA ve SOA sonuçları.

	Valf Nokta Etkisiz Genetik Algoritma	Valf Nokta Etkili Genetik Algoritma	Valf Nokta Etkili Simbiyotik Organizmalar Arama Algoritması
$P_{G,1}$ (MW)	54.985337	62.02346	53.87583
$P_{G,2}$ (MW)	95.894428	65.762463	39.08313
$P_{G,3}$ (MW)	59.120235	82.214076	119.0936
Maliyet ($/h)	3049.814771	3064.870666	3218.2801

Tablo 2'ye göre EYD problemi valf nokta etkisi dikkate alındığında GA ile çözümünde saatte yaklaşık 15 $'lık bir işletme maliyeti farkı oluşmaktadır. GA ile elde edilen sonuçların eş değer parametreler ile koşturulan SOA algoritması ile karşılaştırıldığında SOA algoritmasının sonuçları 154 $/h daha fazla işletme maliyeti göstermektedir. Bu durumda sistemin minimum maliyet ile işletilmesi açısından GA sonuçlarının daha iyi olduğu görülmektedir.

4.2. Test Sistemi 2 : 13 Generatörlü Test Sistemi

Test sistemi 2'de ise sistemin bara sayısı önemsizdir, yüklerin talep ettiği güç değerinin kaç generator tarafından karşılanacağı önemlidir. Sistemde yüklerin talep ettikleri toplam güç değeri 1800 MW'tır. Talep edilen değer 13 generatör tarafından minimum işletme maliyeti ile paylaştırılmıştır. Test sisteminde bulunan 13 generatörün valf nokta etkili yakıt maliyet fonksiyonu katsayıları (a_i, b_i, c_i, d_i *ve* e_i) ile generatörlerin çalışma sınır aralıkları ($P_{G,n}^{min}$ *ve* $P_{G,n}^{max}$) Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. 13 generatörlü test sisteminin parametreleri (Aydin ve ark., 2014).

Generatör	a	b	c	d	e	$P_{(min)}$ (MW)	$P_{(max)}$ (MW)
1	550	8.10	0.00028	300	0.035	0	680
2	309	8.10	0.00056	200	0.042	0	360
3	307	8.10	0.00056	200	0.042	0	360
4	240	7.74	0.00324	150	0.063	60	180
5	240	7.74	0.00324	150	0.063	60	180
6	240	7.74	0.00324	150	0.063	60	180
7	240	7.74	0.00324	150	0.063	60	180
8	240	7.74	0.00324	150	0.063	60	180
9	240	7.74	0.00324	150	0.063	60	180
10	126	8.60	0.00284	100	0.084	40	120
11	126	8.60	0.00284	100	0.084	40	120
12	126	8.60	0.00284	100	0.084	55	120
13	126	8.60	0.00284	100	0.084	55	120

Yükün sistemden talep ettiği 1800 MW'lık gücü minimum maliyet ile kısıtlar göz önünde bulundurularak jeneratörler tarafından GA kullanılarak paylaştırılmıştır. Valf nokta etkisinin öneminin daha açık anlaşılabilmesi için EYD problemi valf nokta etkili ve etkisiz olarak GA ile en az 40 kez koşturulmuştur. Elde edilen sonuçlar Tablo 4'de gösterilmiştir.

Tablo 4. 13 generatörlü test sisteminin valf nokta etkili ve etkisiz GA ve SOA sonuçları.

	VALF NOKTA ETKİSİZ		**VALF NOKTA ETKİLİ**	
	G.A.	**S.O.A.**	**G.A.**	**S.O.A**
$P_{G,1}$ (MW)	480.586510	337.3203	562.346041	273.7974
$P_{G,2}$ (MW)	21.818182	189.3892	85.161290	90.4546
$P_{G,3}$ (MW)	142.521994	360.0000	123.167155	283.6347
$P_{G,4}$ (MW)	169.560117	141.4043	61.994135	95.4015
$P_{G,5}$ (MW)	137.067449	84.8895	146.334311	169.3695
$P_{G,6}$ (MW)	161.700880	178.6701	116.422287	180.0000
$P_{G,7}$ (MW)	90.850440	77.1558	65.513196	138.4505
$P_{G,8}$ (MW)	151.378299	66.3730	117.712610	164.3439
$P_{G,9}$ (MW)	87.331378	67.2340	141.876833	87.8948
$P_{G,10}$ (MW)	64.711632	90.9416	79.726295	77.4648
$P_{G,11}$ (MW)	119.061584	40.0000	100.918866	55.7578
$P_{G,12}$ (MW)	79.652981	83.9339	86.769306	77.4562
$P_{G,13}$ (MW)	93.758553	82.8240	112.057674	105.8747
Maliyet ($/h)	18117.2389	18185.7543	18257.7336	18395.0894

Tablo 4'e göre EYD problemi valf nokta etkisi dikkate alındığında GA ile çözüldüğünde saatte yaklaşık 140 $'lık bir işletme maliyeti farkı oluşmaktadır. GA ile elde edilen sonuçların eş değer parametreler ile koşturulan SOA algoritması ile karşılaştırıldığında SOA algoritmasının sonuçları valf nokta etkisiz yaklaşık 68 $/h daha fazla, valf nokta etkili durumda yaklaşık 138 $/h daha fazla işletme maliyeti göstermektedir. Bu durumda sistemin minimum maliyet ile işletilmesi açısından GA sonuçlarının daha iyi olduğu görülmektedir.

4.3. Test Sistemi 3 : 40 Generatörlü Test Sistemi

Test sistemi 3'te ise sistemin bara sayısı önemsizdir, yüklerin talep ettiği güç değerinin kaç generator tarafından karşılanacağı önemlidir. Sistemde yüklerin talep ettikleri toplam güç değeri 10500 MW'tır. Talep edilen değer 40 generatör tarafından minimum işletme maliyetini sağlayacak şekilde paylaştırılmıştır. Test sisteminde bulunan 40 generatörün valf nokta etkili yakıt maliyet fonksiyonu katsayıları (a_i, b_i, c_i, d_i *ve* e_i) ile generatörlerin çalışma sınır aralıkları ($P_{G,n}^{min}$ *ve* $P_{G,n}^{max}$) Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. 40 generatörlü test sisteminin parametreleri (Neto ve ark., 2017).

Generatör	**a**	**b**	**c**	**d**	**e**	**$P_{(min)}$ (MW)**	**$P_{(max)}$ (MW)**
1	94.705	6.73	0.00690	100	0.084	36	114
2	94.705	6.73	0.00690	100	0.084	36	114
3	309.54	7.07	0.02028	100	0.084	60	120
4	369.03	8.18	0.00942	150	0.063	80	190
5	148.89	5.35	0.01140	120	0.077	47	97
6	222.33	8.05	0.01142	100	0.084	68	140
7	278.71	8.03	0.00357	200	0.042	110	300
8	391.98	6.99	0.00492	200	0.042	135	300
9	455.76	6.60	0.00573	200	0.042	135	300
10	722.82	12.90	0.00605	200	0.042	130	300
11	635.20	12.90	0.00515	200	0.042	94	375

12	654.69	12.80	0.00569	200	0.042	94	375
13	913.40	12.50	0.00421	300	0.035	125	500
14	1760.4	8.84	0.00752	300	0.035	125	500
15	1728.3	9.15	0.00708	300	0.035	125	500
16	1728.3	9.15	0.00708	300	0.035	125	500
17	647.85	7.97	0.00313	300	0.035	220	500
18	649.69	7.95	0.00313	300	0.035	220	500
19	647.83	7.97	0.00313	300	0.035	242	550
20	647.81	7.97	0.00313	300	0.035	242	550
21	785.96	6.63	0.00298	300	0.035	254	550
22	785.96	6.63	0.00298	300	0.035	254	550
23	794.53	6.66	0.00284	300	0.035	254	550
24	794.53	6.66	0.00284	300	0.035	254	550
25	801.32	7.10	0.00277	300	0.035	254	550
26	801.32	7.10	0.00277	300	0.035	254	550
27	1055.1	3.33	0.52124	120	0.077	10	150
28	1055.1	3.33	0.52124	120	0.077	10	150
29	1055.1	3.33	0.52124	120	0.077	10	150
30	148.89	5.35	0.01140	120	0.077	47	97
31	222.92	6.43	0.00160	150	0.063	60	190
32	222.92	6.43	0.00160	150	0.063	60	190
33	222.92	6.43	0.00160	150	0.063	60	190
34	107.87	8.95	0.00010	200	0.042	90	200
35	116.58	8.62	0.00010	200	0.042	90	200
36	116.58	8.62	0.00010	200	0.042	90	200
37	307.45	5.88	0.01610	80	0.098	25	110
38	307.45	5.88	0.01610	80	0.098	25	110
39	307.45	5.88	0.01610	80	0.098	25	110
40	647.83	7.97	0.00313	300	0.035	242	550

Yükün sistemden talep ettiği 10500 MW'lık gücü minimum maliyet ile kısıtlar göz önünde bulundurularak jeneratörler tarafından GA kullanılarak paylaştırılmıştır. Valf nokta etkisinin öneminin daha açık anlaşılabilmesi için EYD problemi valf nokta etkili ve etkisiz olarak GA ile en az 40 kez koşturulmuştur. Elde edilen sonuçlar Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. 40 generatörlü test sisteminin valf nokta etkili ve etkisiz GA ve SOA sonuçları.

	VALF NOKTA ETKİSİZ		**VALF NOKTA ETKİLİ**	
	G.A.	**S.O.S**	**G.A.**	**S.O.S**
$P_{G,1}$ (MW)	110.3402	76.7000	92.8035	86.6649
$P_{G,2}$ (MW)	85.5601	85.5043	102.7917	110.4291
$P_{G,3}$ (MW)	60.7624	70.9816	87.4486	69.1247
$P_{G,4}$ (MW)	115.3763	135.2618	103.8709	128.9762
$P_{G,5}$ (MW)	91.9657	53.1594	88.5444	77.3508
$P_{G,6}$ (MW)	102.4164	101.5351	116.7741	125.0027
$P_{G,7}$ (MW)	159.5894	282.2194	257.2825	265.6257
$P_{G,8}$ (MW)	226.6129	177.5897	244.8387	300.0000
$P_{G,9}$ (MW)	227.7419	256.3113	268.0645	300.0000
$P_{G,10}$ (MW)	214.7507	164.1455	207.2727	206.7466
$P_{G,11}$ (MW)	319.7888	323.9717	261.8308	375.0000
$P_{G,12}$ (MW)	342.0381	313.7335	371.4291	310.2382
$P_{G,13}$ (MW)	473.2404	332.3165	474.3401	437.9190
$P_{G,14}$ (MW)	405.4252	500.0000	486.0703	468.9209
$P_{G,15}$ (MW)	423.7536	479.3410	499.6334	483.0805
$P_{G,16}$ (MW)	430.3519	393.8483	398.4604	307.9601
$P_{G,17}$ (MW)	498.9051	373.5547	456.2072	479.4945

$P_{G,18}$ (MW)	454.0175	482.0983	407.7614	455.3094
$P_{G,19}$ (MW)	544.2795	550.0000	513.2688	442.8128
$P_{G,20}$ (MW)	541.5698	500.3694	493.0967	418.4260
$P_{G,21}$ (MW)	503.4154	460.3688	355.2707	550.0000
$P_{G,22}$ (MW)	446.9931	533.5992	454.2267	527.4835
$P_{G,23}$ (MW)	523.0909	550.0000	508.3343	394.4819
$P_{G,24}$ (MW)	524.5376	528.6409	422.3988	379.9574
$P_{G,25}$ (MW)	365.3978	550.0000	528.2991	419.4112
$P_{G,26}$ (MW)	434.5513	472.7452	504.5728	382.6190
$P_{G,27}$ (MW)	30.6647	10.0000	97.7223	93.5597
$P_{G,28}$ (MW)	53.2453	44.2632	26.5591	63.2237
$P_{G,29}$ (MW)	23.2746	63.0874	42.5708	89.0185
$P_{G,30}$ (MW)	89.3753	84.1052	62.1515	79.3273
$P_{G,31}$ (MW)	183.7732	114.9151	176.0215	110.7141
$P_{G,32}$ (MW)	177.1652	151.7000	169.2864	190.0000
$P_{G,33}$ (MW)	175.2590	164.1984	150.4789	159.9583
$P_{G,34}$ (MW)	161.8279	197.1285	173.4408	175.2661
$P_{G,35}$ (MW)	161.8279	147.4049	122.7956	200.0000
$P_{G,36}$ (MW)	114.5161	108.7104	178.4946	190.5366
$P_{G,37}$ (MW)	93.1329	29.2754	60.3958	59.4180
$P_{G,38}$ (MW)	104.9315	48.3842	65.8797	92.2591
$P_{G,39}$ (MW)	89.0615	45.2596	99.6969	78.5360
$P_{G,40}$ (MW)	414.5161	544.4108	368.4516	415.8923
Maliyet ($/h)	126948.311098	128807.9954	130287.986432	131844.9216

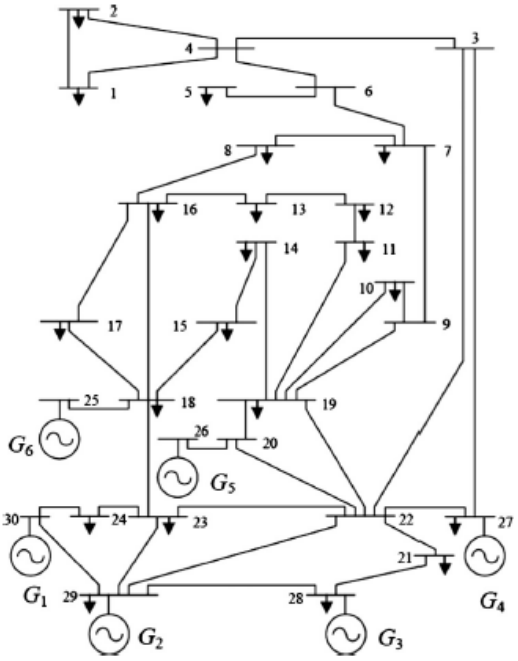
Tablo 6'ya göre EYD problemi valf nokta etkisi dikkate alındığında GA ile çözüldüğünde saatte yaklaşık 3340 $'lık bir işletme maliyeti farkı oluşmaktadır. GA ile elde edilen sonuçların eş değer parametreler ile koşturulan SOA algoritması ile karşılaştırıldığında SOA algoritmasının sonuçları valf nokta etkisiz yaklaşık 1860 $/h daha fazla, valf nokta etkili durumda yaklaşık 1560 $/h daha fazla işletme maliyeti göstermektedir. Bu durumda sistemin minimum maliyet ile işletilmesi açısından GA sonuçlarının daha iyi olduğu görülmektedir. İlk 3 test durumunda valf nokta etkisinin önemi açıkça görülmektedir. Eğer daha gerçekçi bir işletme yakıt maliyet analizi yapılmak isteniliyorsa, buhar türbinlerinin valf nokta etkisi muhakkak göz ardı edilmemelidir.

4.4. Test Sistemi 4 : IEEE 30 Baralı Test Sistemi

IEEE 30 baralı test sisteminde 6 generatör bulunmaktadır. Son test sisteminde 6 termik generatörün sadece yakıt maliyetini aynı zamanda emisyonu minimize edilmiştir. Eşitlik kısıtı olarak generatörler, yükün talep ettiği gücü ve sistemin işletilmesi esnasında iletim hatlarında yaşanan kayıpları karşılamalıdır. Bu test sisteminde hem EÇYD hem de iletim hattında yaşanan kayıplar dahil edilmiştir.

IEEE 30 baralı test sisteminin tek hat şeması Şekil 7'de gösterilmiştir.

Sistemde yüklerin talep ettikleri toplam güç değeri 10500 MW'tır. Talep edilen değer 6 generatör tarafından minimum işletme maliyetini sağlayacak şekilde paylaştırılmıştır. Test sisteminde bulunan 6 generatörün valf nokta etkili yakıt maliyet fonksiyonu katsayıları (a_i, b_i, c_i, d_i *ve* e_i) ile generatörlerin çalışma sınır aralıkları ($P_{G,n}^{min}$ *ve* $P_{G,n}^{max}$) Tablo 7'de verilmiştir.



Şekil 7. IEEE 30 baralı test sisteminin tek hat şeması (Aydin ve ark., 2014).

Tablo 7. IEEE 30 baralı test sisteminin parametreleri (Aydin ve ark., 2014).

Generatör		**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Maliyet	a_n	10	10	20	10	20	10
	b_n	200	150	180	100	180	150
	c_n	100	120	40	60	40	100
Emisyon	α_n	4.091E-2	2.543E-2	4.258 E-2	5.326 E-2	4.258 E-2	6.131 E-2
	β_n	-5.554E-2	-6.047E-2	-5.094 E-2	-3.550 E-2	-5.094 E-2	-5.555 E-2
	η_n	6.49E-2	5.638E-2	4.586 E-2	3.38 E-2	4.586 E-2	5.151 E-2
	ξ_n	2.0E-4	5.0E-4	1.0 E-6	2.0 E-3	1.0E-6	1.0 E-5
	λ_n	2.857	3.333	8.0	2.0	8.0	6.667
$P_{G,n}^{min}$ (MW)		5	5	5	5	5	5
$P_{G,n}^{max}$ (MW)		150	150	150	150	150	150

IEEE 30 baralı test sisteminde iletim hatlarında meydana gelen kayıpları temsil eden kayıp matrisleri [B], [B_0] ve [B_{00}] Tablo 8'de verilmiştir.

Yükün sistemden talep ettiği 10500 MW'lık gücü w ağırlık katsayısı kullanılarak (w = 1 ise sadece maliyet minimize edilmeye çalışılır, w = 0 ise sadece emisyon minimize edilmeye çalışılır) GA ile EÇYD problemi çözülmüştür. İlk 3 test sisteminde GA'nın başarısı ispatlandığı için 4. Test sisteminde sadece GA yönteminin sonuçları paylaşılmıştır. Ağırlık faktörü 0.1 kademeler ile değiştirilerek 0-1 arasında tüm kademeler için sonuçlar alınmıştır ve sistemin işletilmesi esnasında yaşanan kayıplar Tablo 9'da gösterilmiştir.

Tablo 8. Kayıp matrisi değerleri (Aydin ve ark., 2014).

$$[B] = \begin{bmatrix} 0.1382 & -0.0299 & 0.0044 & -0.0022 & -0.0010 & -0.0008 \\ -0.00299 & 0.0487 & -0.0025 & 0.0004 & 0.0016 & 0.0041 \\ 0.0044 & -0.0025 & 0.0182 & -0.0070 & -0.0066 & -0.0066 \\ -0.0022 & 0.0004 & -0.0070 & 0.0137 & 0.0050 & 0.0033 \\ -0.0010 & 0.0016 & -0.0066 & 0.0050 & 0.0109 & 0.0005 \\ -0.0008 & 0.0041 & -0.0066 & 0.0033 & 0.0005 & 0.0244 \end{bmatrix}$$

$[B_0]$ = [-0.0107 0.0060 -0.0017 0.0009 0.0002 0.0030]

B_{00} = 0.00098573

Tablo 9. IEEE 30 baralı test sisteminin GA ile ekonomik ve çevresel yük dağıtımı sonuçları.

w	$P_{G,1}$	$P_{G,2}$	$P_{G,3}$	$P_{G,4}$	$P_{G,5}$	$P_{G,6}$	F_{Toplam} ($/h)	E_{Toplam} (ton/h)	$P_{Kayıp}$ (MW)
1.0	33.4897	23.5679	32.9228	105.210	53.1916	41.9941	623.1227	0.2710	2.3156
0.9	22.7175	32.4976	61.8377	68.3578	79.9804	24.9853	628.2862	0.2250	2.4865
0.8	36.7498	14.7801	47.6637	81.9648	75.1613	34.0567	629.5237	0.2218	2.4662
0.7	9.3939	19.0323	89.4770	59.8534	83.8074	28.8123	637.4645	0.2217	2.4513
0.6	59.7116	34.3402	64.5308	95.1466	16.1975	20.4497	648.0768	0.2134	2.4610
0.5	34.0567	25.5523	23.0010	142.487	5.5670	59.7116	649.0646	0.2108	2.4696
0.4	41.7107	59.9951	70.0587	55.4594	43.9785	19.1740	652.9924	0.2091	2.5274
0.3	28.1036	39.5846	64.8143	29.9462	80.6891	47.2385	655.5375	0.2042	2.6245
0.2	35.7576	70.6256	55.1760	32.3558	46.8133	49.6481	672.3783	0.2012	2.7705
0.1	51.0655	50.7820	73.0352	24.5601	59.8534	31.0802	674.6517	0.2001	2.9955
0.0	62.2630	28.6706	14.9218	41.8524	69.4917	73.1769	683.9902	0.1992	3.401

Tablo 9'da w ağırlık katsayısı, çok amaçlı bir problem olan EÇYD probleminin maliyet ya da emisyon açısından belirtilen katsayı ile problemin çözülürken hangi oranda maliyete ya da emisyona önem verilmesi gerektiğini belirtmektedir. w = 1 iken problemin maliyet açısından en uygun değerinin bulunulması istenirken, w = 0 iken problemin emisyon açısından en uygun değerinin bulunulması istenilmiştir. Tablo 9'da görüleceği üzere, w değeri 1'den 0'a doğru gittikçe F_{Toplam} sistemin işletme maliyet değeri artmaktadır ve E_{Toplam} sistemin emisyon değeri ise düşmektedir. w = 0.5 iken ise hem maliyet hem de emisyon bakımından eş önemlilikte problem çözülmektedir.

5. SONUÇ

Geleneksel ekonomik yük dağıtımında, generatörlerin yakıt maliyet fonksiyonu dikkate alınarak talep edilen yük değeri generatörlere paylaştırılmaktadır. Ancak maliyet analizi açısından geleneksel EYD yetersiz kalmaktadır. Buhar türbinlerinin valf nokta etkisi küçümsenmeyecek miktardadır ve ilk 3 test sisteminde görüleceği üzere valf nokta etkisinin dahil edilmesi ile daha gerçekçi bir maliyet analizi yapılmaktadır. EYD probleminin amacı minimum maliyet ile sistemin işletilmesi olduğu için maliyetin gerçekçi olması önem taşımaktadır. İkinci bir durum, termik üretim birimlerinin sadece maliyeti açısından bakılmamalı, baca gazlarından atmosfere yaydıkları gazların hava kirliliğine sebep olmasından dolayı generatörlerin emisyon değerleri de minimize edilmelidir. EÇYD probleminin uygulanmasında, hem maliyet hem de emisyon amaç fonksiyona dahil olduğundan çok amaçlı bir probleme dönüşmektedir ve bu problemin tek bir amaç fonksiyona dönüştürülmesi gerekmektedir. Emisyon değeri γ ölçeklendirme faktörü kullanılarak maliyet fonksiyonuna dönüşmektedir. Problemin çözülürken emisyon ya da maliyetin hangisinin daha önemli olduğunu belirtmek için ise w ağırlık katsayısı kullanılmaktadır. Test sistemi 4'te görüleceği üzere w ağırlık katsayısı başarılı şekilde EÇYD problemine uyarlanmıştır. 4 farklı sistemde de görüleceği üzere sistemin işletilmesi için uygun değerler GA ile başarıyla belirlenmiştir.

6. TARTIŞMA

Bu çalışmada EYD probleminde valf nokta etkisinin önemi gösterilmiştir. EÇYD probleminde hem maliyet hem de emisyon sistemin optimum işletme durumları GA ile belirlenmiştir. Ancak dikkat edilirse tüm analizler tek bir saatlik talep edilen yük değerine göre yapılmıştır. Bu çalışmanın devamı olarak dinamik yük analizi yapılarak, 24 saatlik bir analiz yapılması çalışmanın devamı niteliğinde planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

ANDİÇ, C., ÖZTÜRK, A., & TOSUN, S. (2020) Türkiye'deki Güç Sisteminde Karga Arama Algoritması Kullanılarak Ekonomik Yük Dağıtımı. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, *8*(1), 428-436.

AYDİN, D., ÖZYÖN, S., YAŞAR, C., & LİAO, T. (2014). Artificial bee colony algorithm with dynamic population size to combined economic and emission dispatch problem. *International journal of electrical power & energy systems*, *54*, 144-153.

BOUKTİR, T., LABDANİ, R., & SLİMANİ, L. (2007). Economic power dispatch of power system with pollution control using multiobjective particle swarm optimization. *Journal of Pure & Applied Sciences*, *4*(2), 57-77.

ÇETIN, B., & AVCI, H. (2020). Mevcut kömürlü bir termik santralin güneş destekli hibrit santrale dönüşümünün teknik ve ekonomik analizi. *Journal of the Faculty of Engineering & Architecture of Gazi University*, *35(*2).

DOSOGLU, M. K., GUVENC, U., DUMAN, S., SONMEZ, Y., & KAHRAMAN, H. T. (2018). Symbiotic organisms search optimization algorithm for economic/emission dispatch problem in power systems. *Neural Computing and Applications*, *29*(3), 721-737.

DUMAN, S., YORUKEREN, N., & ALTAS, I. H. (2015). A novel modified hybrid PSOGSA based on fuzzy logic for non-convex economic dispatch problem with valve-point effect. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, *64*, 121-135.

GOLDBERG, D. E., & SAMTANİ, M. P. (1986, February). Engineering optimization via genetic algorithm. In *Electronic computation*, 471-482.

GÜVENÇ, U., & KAYMAZ, E. (2019, April). Economic dispatch integrated wind power using coyote optimization algorithm. In *2019 7th International Istanbul Smart Grids and Cities Congress and Fair (ICSG)*, 179-183İ

JABR, R. A., COONİCK, A. H., & CORY, B. J. (2000). A homogeneous linear programming algorithm for the security constrained economic dispatch problem. *IEEE Transactions on power systems*, *15*(3), 930-936.

NETO, J. X. V., REYNOSO-MEZA, G., RUPPEL, T. H., MARİANİ, V. C., & DOS SANTOS COELHO, L. (2017). Solving non-smooth economic dispatch by a new combination of continuous GRASP algorithm and differential evolution. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, *84*, 13-24.

NOMAN, N., & IBA, H. (2008). Differential evolution for economic load dispatch problems. *Electric power systems research*, *7* (8), 1322-1331.

ÖZTÜRK, A., & DUMAN, S. (2009). Genetik Algoritma Kullanilarak Güç Sistemlerinde Optimal Çalişma Şartlarinin Belirlenmesi. *Journal of the Faculty of Engineering & Architecture of Gazi University*, *24*(3).

ÖZYÖN, S., YAŞAR, C., & TEMURTAS, H. (2012). Valf Nokta Etkili Konveks Olmayan Ekonomik Güç Dağıtım Problemlerinin Harmoni Arama Algoritmasıyla Çözümü. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, (28), 35-52.

ÖZYÖN, S., YAŞAR, C., DURMUŞ, B., & TEMURTAŞ, H. (2015). Opposition-based gravitational search algorithm applied to economic power dispatch problems consisting of thermal units with emission constraints. *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, *23*(1), 2278-2288.

SARUHAN, H. (2004). GENETIC ALGORITHMS: AN OPTIMIZATION TECHNIQUE. *Teknoloji*, *7* (1).

SECUİ, D. C. (2015). A new modified artificial bee colony algorithm for the economic dispatch problem. *Energy Conversion and Management*, *89*, 43-62.

SİNHA, N., CHAKRABARTİ, R., & CHATTOPADHYAY, P. K. (2003). Evolutionary programming techniques for economic load dispatch. *IEEE Transactions on evolutionary computation*, *7*(1), 83-94.

YALCİNOZ, T., & SHORT, M. J. (1998). Neural networks approach for solving economic dispatch problem with transmission capacity constraints. *IEEE Transactions on Power Systems*, *13*(2), 307-313.

ÇİFT BESLEMELİ ASENKRON GENERATÖRÜN BACK TO BACK KONVERTÖR İLE ŞEBEKE BAĞLANTILI KONTROLÜ

Cenk ANDİÇ
İstanbul Teknik Üniversitesi / Elektrik-Elektronik Fakültesi / Elektrik Mühendisliği
andic18@itu.edu.tr Orcid ID: 0000-0003-1123-899X

Mustafa DURSUN
Düzce Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Elektrik-Elektronik Mühendisliği
*mustafadursun@duzce.edu.*tr Orcid ID: 0000-0001-9952-9358

Sercan ÖZÜMCAN
Düzce Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Elektrik-Elektronik Mühendisliği A.B.D.
sercan@setaelektrik.com.tr

Özet

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında rüzgar enerjisi, elektrik üretiminde kullanım payı açısından büyük önem taşımaktadır. Değişken hızlı generatör çeşitlerinden biri olan Çift Beslemeli Asenkron Generatör (ÇBAG), zamanla azalan dönüştürücü maliyetleri, farklı rüzgâr hızlarında çalışabilme, birim güç faktörü kontrolü gibi avantajlarından dolayı rüzgâr türbinlerinde çokça tercih edilmektedir. Rüzgâr türbininden maksimum güç çekme işlemi enerjinin verimli ve optimum kullanımı açısından önemli bir konudur. Bu çalışmada şebekeye bağlı rüzgâr türbininde en yüksek değerde güç elde edebilmek için Maksimum Güç Nokta Takibi (MGNT) arama algoritması geliştirilmiştir. Algoritma olarak rüzgâr türbininde kanat uç hız oranı yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca back to back konvertör ile şebeke bağlantılı hem şebeke tarafı hem de rotor tarafı kontrol edilmiştir. Bu teknik ile çift beslemeli asenkron generatörde aktif ve reaktif güç, Doğru Akım (DA) bara gerilimi, generatör açısal hızı gibi değerlerin istenilen seviyede tutulması sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çift beslemeli asenkron generatör, Back to back konvertör, Maksimum güç nokta takibi, Rüzgar türbini.

DOUBLY-FED INDUCTION GENERATOR WITH BACK-TO-BACK CONVERTERS IN A CONNECTED GRİD

Abstract

Among the renewable energy sources, wind energy is of great importance in terms of its share of use in electricity generation. Doubly-Fed Inductıon Generator (DFIG), one of the variable speed generator types, is highly preferred in wind turbines due to its advantages such as decreasing converter costs over time, operating at different wind speeds, and unit power factor control. Maximum power extraction from the wind turbine is an important issue in terms of efficient and optimum use of the energy.In this study, a Maximum Power Point Tracking (MPPT) search algorithm was developed to obtain the highest power in the grid connected wind turbine.The Tip Speed Ratio (TSR) method is used in the wind turbine as an algorithm.In addition, both the grid side and the rotor side are controlled using field oriented vector control technique.In a doubly-fed ınductıon generator are kept at desired level of values as active and reactive power, Direct Current (DC) bus voltage, generator angular velocity with this technique.

Keywords: Doubly-fed induction generator (DFIG), Back to back converter, Maximum power point tracking, Wind turbines

1. GİRİŞ

Son yıllarda, fosil kaynakların fiyatlarındaki artışlar ve tükenme sebeplerinden dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmeler başlamıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından en önemlilerinden biri rüzgâr enerjisidir. Rüzgâr enerjisinden elde edilen mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürmek için generatör kullanılmaktadır (Döşoğlu, 2016).

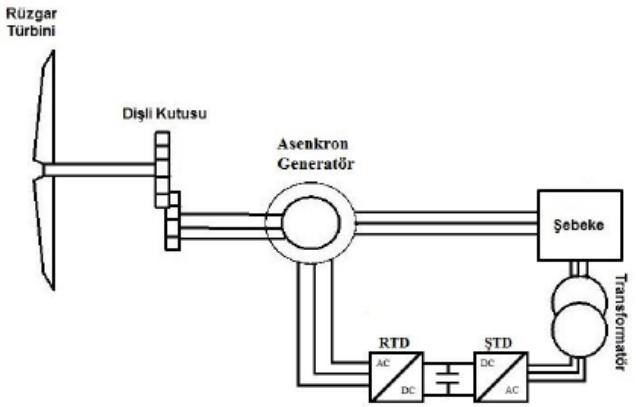
Rüzgâr enerjisinin olağanüstü büyümesine rağmen, araştırmacılar için şebeke entegrasyonu, rüzgârın tahmin edilemez doğası ve rüzgar türbininin konumu gibi birçok zorluk vardır (Alnasir ve ark., 2016). Rüzgar türbinini elektrik şebekesine entegre etmek için daha gelişmiş modern jeneratörler, güç dönüştürücüleri ve kontrolörleri geliştirilmelidir (Seixas ve ark., 2016).

Rüzgâr enerjisi dönüşüm sisteminde (REDS) kullanılan güç elektroniği dönüştürücülerinin detaylı bir incelemesi (Blaabjerg ve ark., 2013)'de verilmiştir. Yaygın olarak kullanılan iki RT tipinden (sabit hızlı RT ve değişken hızlı RT), değişken hızlı rüzgar türbini (DHRT), arttırılmış enerji dönüşüm verimliliği, iyileştirilmiş güç kalitesi ve düşük mekanik stres nedeniyle daha avantajlıdır.

Bu çalışmada sıklıkla tercih edilen kanat uç hız oranı ile maksimum güç noktası takip kontrol tekniği kullanılmıştır. Bu sayede sistemin şebeke ile entegrasyonu için gerekli olan güç akışı en verimli şekilde sağlanmıştır. Ayrıca sabit hızlı rüzgâr türbini sistemlerindeki eksikliği gidermek için sırt sırta bağlı dönüştürücü tarafından bir DA-bara kapasitörüyle birbirine bağlanmış iki gerilim kaynağı dönüştürücüsünden oluşan bir kontrol yöntemi kullanılmıştır. İlk dönüştürücü, SKAG ile generatör tarafı kontrol (GTK) adı verilen DA bara kapasitörü arasında kalır. GTK'nın işlevi, SKAG için makine akısını üretmek ve rüzgardan elde edilen enerjiyi optimum hale getirmektir. İkinci dönüştürücü, DA bara kapasitörüyle şebeke tarafı kontrol (ŞTK) denilen şebeke arasında kalır. Bu dönüştürücünün işlevi, DA-bara gerilimini ve aktif ve reaktif güç akışlarını düzenlemektir. Düzeltme ve ters çevirme modu olmak üzere iki çalışma modu vardır. DA-bara gerilimi düşürüldüğünde, ŞTK doğrultma modunda çalışır ve dc-bara gerilimini düzenlemek için kapasitör şarjı yapar. Rüzgârdan enerji geldiğinde, DA bara gerilimi artar ve ŞTK, DA baradan elektrik şebekesine enerji sağlamak ve DA bağlantı gerilimi ve güç akışını düzenlemek için ters çevirme modunda çalışır (Dursun ve ark., 2019).

2. ÇİFT BESLEMELİ ASENKRON GENERATÖR

Şekil 1'de ÇBAG'li rüzgâr türbin sistemi görülmektedir.



Şekil 1. ÇBAG'lı rüzgâr türbin sistemi modeli.

Bu sistemde, stator doğrudan şebekeye bağlanırken, rotor sargıları güç elektroniği dönüştürücüleri üzerinden şebekeye bağlanmaktadır. Bu dönüştürücüler, darbe genişlik modülasyonuyla (DGM) anahtarlama yapan, çift yönlü akım akışının olduğu gerilim kaynaklı iki eviriciden meydana gelmektedir. Rotor tarafındaki dönüştürücü (RTD) sayesinde elektromanyetik tork kontrolü yapılırken, şebeke tarafı dönüştürücüsüyle (ŞTD) de DC Bara gerilimi sabit tutulmaktadır. Aynı zamanda RTD, generatörün ihtiyacı olan reaktif gücü sağlayabilmektedir. Stator ve rotor devresinde üç faz sargılar bulunan ÇBAG'nin hem statorundan, hem de rotorundan enerji alınabilir veya verilebilir. Bunun yanında şebeke bağlantısı olmadan çalışabilmesi ve reaktif güç denetimine olanak sağlaması son zamanlarda tercih edilme nedenlerindendir (Naidu ve ark., 2016). Aynı zamanda ÇBAG'ın stator kısmı doğrudan şebekeye bağlıdır, rotor kısmı ise back to back konvertör üzerinden şebekeye bağlıdır. Konvertörlerin kontrol ettikleri kısım rotor kısmından aktarılan güçtür. ÇBAG tarafından üretilmiş olan elektrik enerjisinin yaklaşık %70'i stator üzerinden doğrudan şebekeye verilmektedir, %30'luk kısmı ise rotor tarafından verildiği için konvertörler oldukça düşük bir gücü kontrol etmiş olmaktadırlar. Bu durum güç elektroniği cihazlarının boyutu ve maliyeti ciddi oranda azalmaktadır.

2.1. Rüzgar Türbin Modeli

Bir rüzgâr türbini rüzgâr enerjisini tam olarak yakalayamaz. Bu yüzden değişken hızlı rüzgar türbininden elde edilen güç şöyle ifade edilir (Chen ve ark., 2014):

$$P_{Türbin} = \frac{1}{2}.\rho.A.C_P.(\lambda,\beta).v^3 \quad (1)$$

Denklem (1)'de ρ hava yoğunluğudur (tipik olarak 1.225 kg/m^3), A, rotor kanatlarının süpürdüğü alandır (m^2 olarak), C_P, güç dönüşüm katsayısıdır ve v, rüzgâr hızıdır (m/s olarak). Sonuç olarak, eğer süpürülmüş alan, hava yoğunluğu ve rüzgâr hızı sabitse, çıkış aerodinamik gücü rüzgâr türbini sisteminin güç katsayısı tarafından belirlenir. Güç katsayısı, rüzgâr türbininin dönüşüm verimliliğini ifade eder. Aşağıdaki gibi tanımlanan uç hızı oranından etkilenir:

$$\lambda = \frac{\omega_m.R}{v} \quad (2)$$

Burada sırasıyla ω_m ve R, rotor açısal hızı (rad/s cinsinden) ve rotor yarıçapıdır (m cinsinden). Ayrıca, güç katsayısı uç hızı oranı λ'nın ve kanat eğim açısının (β derece cinsinden) doğrusal olmayan bir fonksiyonudur. Belirli bir λ_{opt} değerinde maksimum olur:

$$P_{Türbin} = \frac{1}{2}.\rho.A.C_{Pmax}.v^3 \quad (3)$$

Rüzgâr türbini mekanik moment çıkışı T_m şöyle ifade edilir:

$$T_m = \frac{1}{2}.\rho.A.C_P.(\lambda,\beta).v^3.\frac{1}{\omega_M} \quad (4)$$

Güç katsayısını modellemek için genel bir denklem kullanılır. Modelleme türbin sistemi özelliklerine dayalı $C_P(\lambda,\beta)$ şöyle tarif edilmiştir (Abdullah ve ark., 2011).

$$C_p = \frac{1}{2}.\left(\frac{116}{\lambda_i} - 0.4\beta - 5\right).e^{\left(\frac{-21}{\lambda_i}\right)} \quad (5)$$

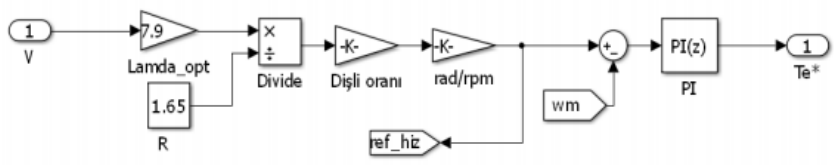
$$\frac{1}{\lambda_i} = \frac{1}{\lambda + 0.08\beta} - \frac{0.035}{\beta^3 + 1} \quad (6)$$

Cp'nin maksimum değeri Cpmax =0.41, β =0 ve λopt = 8.1 değerlerinde elde edilmiştir.

Kanat uç hız oranının belirli bir değeri için λopt, CP rüzgâr türbini tarafından rüzgârdan maksimum gücün yakalandığı özgün bir maksimum değere sahiptir. Sonuç olarak, güç verimliliğini en üst düzeye çıkarmak için, türbin uç hız oranı, rüzgâr değişimlerine rağmen optimum değerinde kalmalıdır. Ayrıca, belirli bir rüzgar hızı için, rüzgar tarafından sağlanan gücü maksimize eden rotor hızı için optimum bir değer vardır. Aynı şekilde, türbin sisteminin maksimum güç nokta takibi işlevini gerçekleştirdiğini de söyleyebiliriz. Sonuç olarak, sistem P(ωm) eğrisinin zirvesinde çalışabilir ve maksimum güç rüzgârdan sürekli olarak çıkarılır.

2.2. Maksimum Güç Nokta Takibi Uç Hız Oranı Modeli

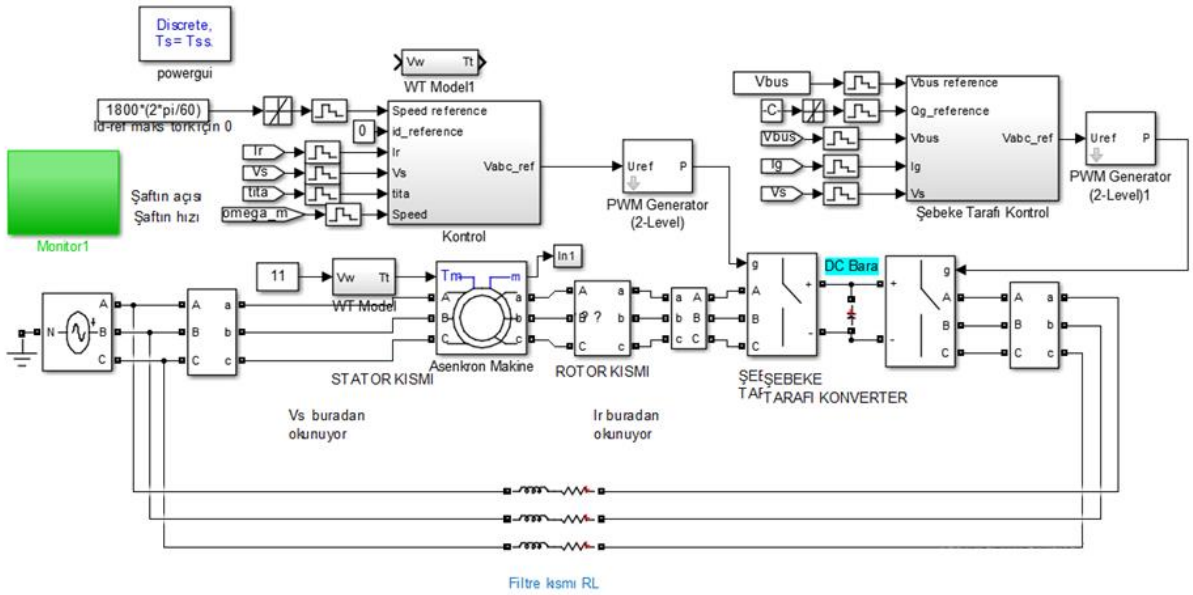
Generatörün anlık açısal hızının, referans alınan rüzgâr türbini anlık açısal hız değerine çekilmesiyle MGNT sağlanmış olur. Dişli sistemlerde bu referans değeri önce dişli çevrim oranı ile çarpılmalı daha sonra ortaya çıkan değer referans türbin anlık açısal hız değeri olarak kullanılmalıdır. Şekil 2'de sistemde kullanılan maksimum güç nokta takibi algoritması gösterilmiştir (Chen ve ark., 2013).



Şekil 2. Maksimum güç noktası algoritması kanat uç hız oranı.

2.3. Rüzgar Enerjisi Denetim Sistemi

Rüzgâr türbininin ayrıntılı bir modeli, Şekil 3'te gösterilmektedir. Rüzgâr türbininin bileşenleri, üç kanatlı bir rotor, tam ölçekli sırt sırta dönüştürücüye sahip bir çift beslemeli asenkron generatör (ÇBAG), DA bara kondansatörü ve hat filtresi (LCL filtre) ile dönüştürücü kontrolörlerinden (RTK ve ŞTK) oluşmaktadır. Rüzgâr türbininin mekanik momenti, ÇBAG'ın statorunda elektrik gücüne dönüştürülür. Rüzgâr türbininin değişken hızda çalışması bir dönüştürücü kullanarak mümkündür ve bu dönüştürücü elektromanyetik momenti kontrol eder. Şebekeye bağlı dönüştürücü, bir filtre üzerinden harici güç şebekesine bağlanır ve DA bara gerilimini izin verilen aralıkta tutarken maksimum çıkış gücünü ayarlar.

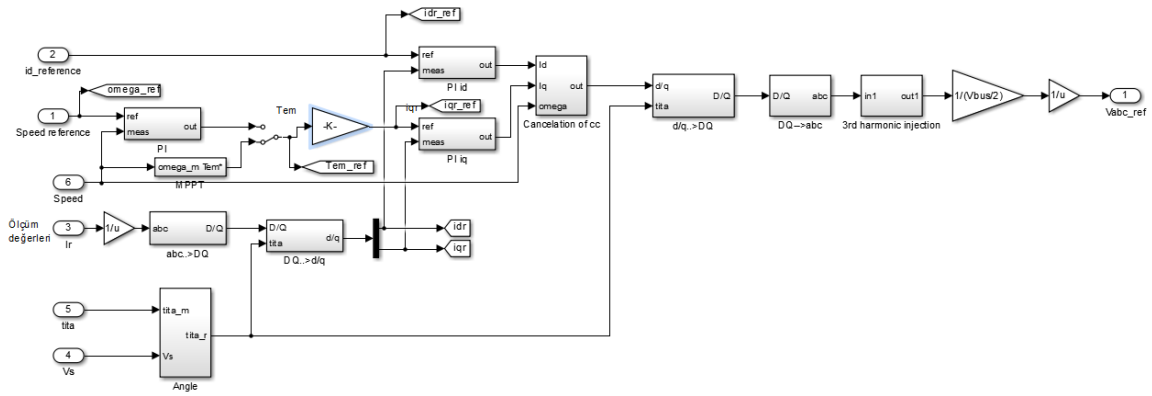


Şekil 3. ÇBAG rüzgar türbin sistemi Matlab/Simulink modeli.

Şekil 3'te gösterilen model, Matlab/Simulink benzetim programı üzerinde modellenmiştir.

2.4. Rotor Tarafı Kontrol (RTK)

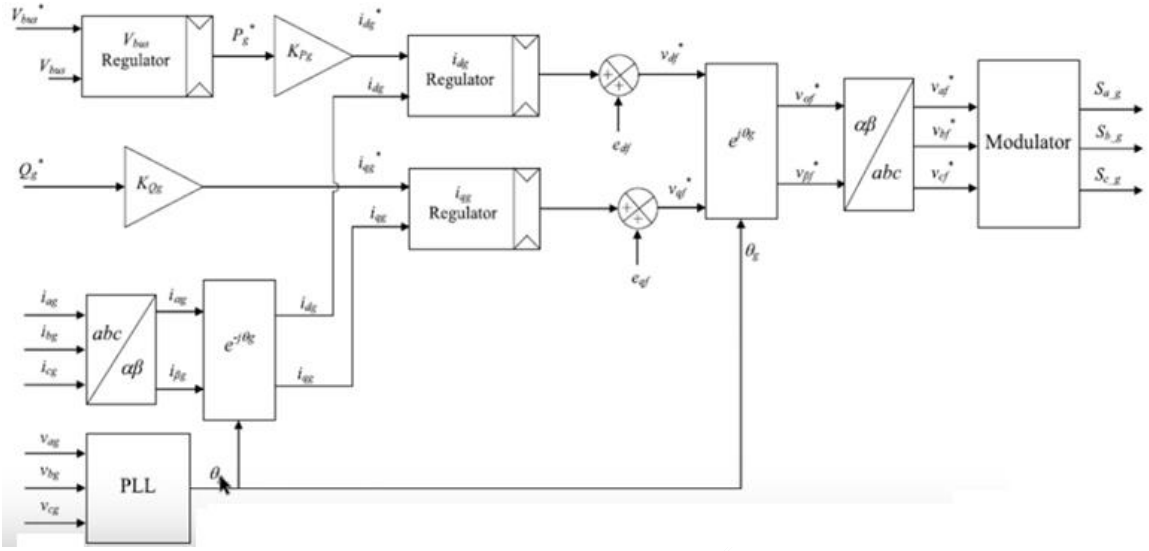
Üç fazlı sinüzoidal akım kaynağı olarak çalışan, akım kontrollü bir histerisiz darbe genişlik modülasyon (HPWM) evirici ile beslenir. MGNT kontrolünde, motor hızı ωr, referans ωr * ile karşılaştırılır ve hata, bir moment komutu (Te*) üretmek için PI döngüsü ile işlenir. GTK algoritmasına ait temel blok şeması Şekil 4'te görülmektedir.



Şekil 4. Rotor tarafı kontrol blok diyagramı.

2.5. Şebeke Tarafı Kontrol (ŞTK)

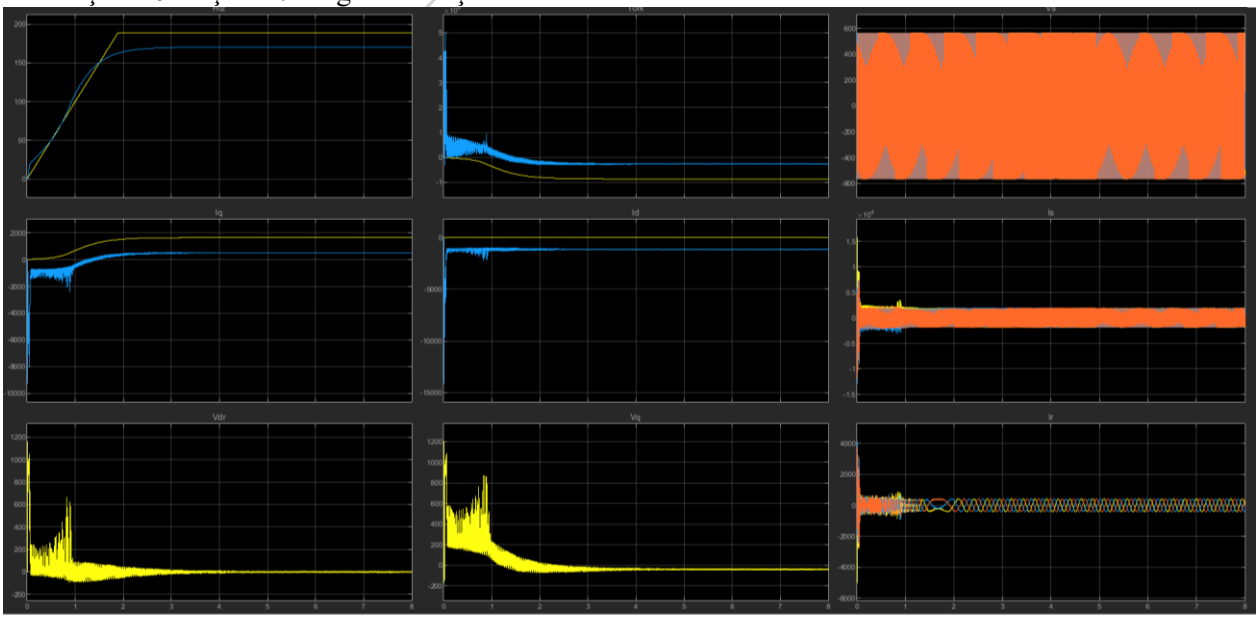
Şebeke tarafı kontrol modeli faz kilitleme döngüsü (PLL), dq eksende ölçülen akımlar, gerilim akım döngüsü ve kuplajlama (alan etkili kontrol) ve sinüs darbe genişlik modülasyonu gibi kısımlardan oluşmaktadır. Ayrıca sistemde şebekeye bağlı bir LCL filtre kullanılmıştır. Şebeke tarafı kontrol diyagramı Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Şebeke tarafı kontrol blok diyagramı.

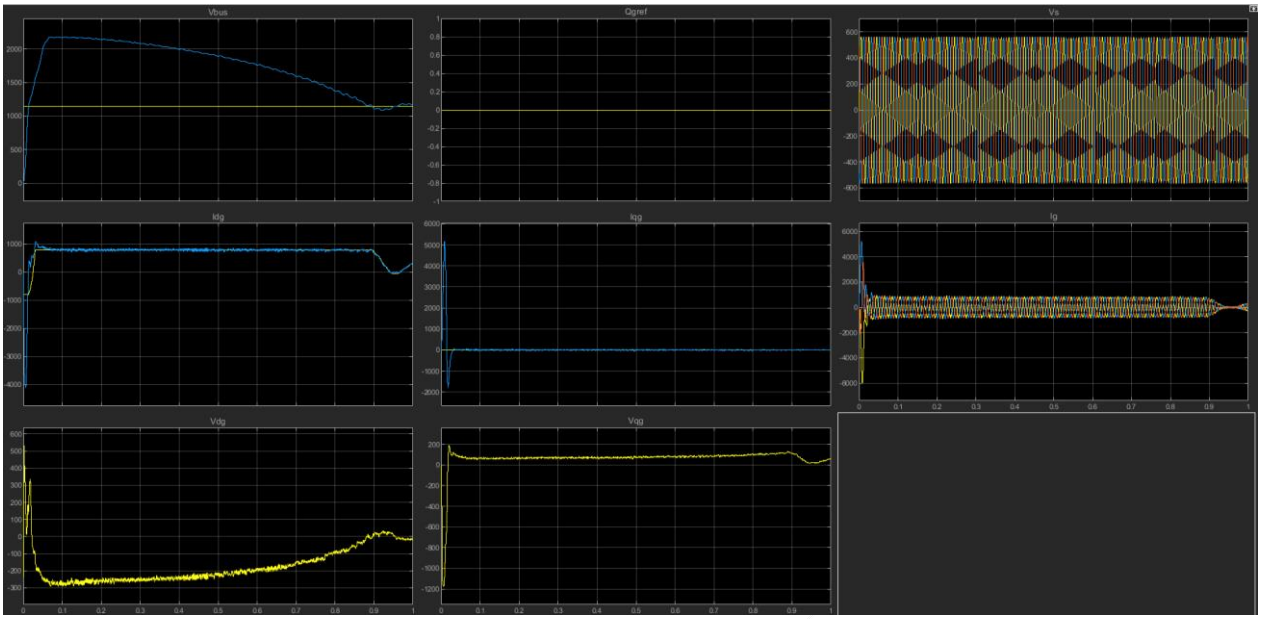
3. SİMÜLASYON SONUÇLARI

Şekil 1'deki ÇBAG tabanlı değişken hızlı rüzgar türbini sisteminin modeli MATLAB/SIMULINK simülasyon yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Rüzgâr hızındaki değişikliği için sistemin cevabını ve daha sonra 11 m/s'ye geri döndüğündeki cevabını göstermektedir. DC bara gerilimi 1100 Volt'tur. Simülasyonun çalıştırılması ile elde edilen sonuçlar rotor tarafı sonuçları ve şebeke tarafı sonuçları olarak Şekil 6 ve Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 6. Rotor tarafı kontrol sonuçları.

Şekil 6'da görüleceği üzere referans hız 180 dev/dk iken rotor 175 dev/dk ile dönmektedir. Referans hız değerine yaklaşmamaktadır. Çünkü maksimum güç açısından 175 dev/dk ile dönmesi daha uygun olduğu için algoritma güç açısından en uygun hız değerinde çalışmaktadır.



Şekil 7. Şebeke tarafı kontrol sonuçları.

Şekil 7'de ise DC bara gerilimi 1100 V değerine oturmaktadır.

4. SONUÇ

ÇBAG tabanlı rüzgar türbini şebeke tarafı konvertörü ve rotor tarafı konvertörü kontrol sistemleri olmak üzere 2 ana kontrol sistemine sahiptir. Şebeke tarafı konvertörü kontrol sisteminin görevi rotor tarafından şebekeye verilen gücün gerilimin büyüklüğü ve frekans açısından sabit olmasını sağlamak adına 2 konvertör arasındaki DA gerilimi sabit tutmaktır. PI kontrolörler yardımıyla 2 konvertörün d ve q eksen bileşenlerini kullanarak ÇBAG'ın kontrolü sağlanmış olur.

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada; ÇBAG'ın giriş değişkeni olan Tm (Mekaniksel moment) değerinin zamanla değiştirilmesi ile PI kontrolör yardımı ile asenkron makinanın referans değerine yaklaşılması sağlanmıştır. Hız değerinde ise maksimum güç noktası referans hızdan daha düşük bir hızın maksimum gücü verdiği görülmüştür.

KAYNAKLAR

ABDULLAH, M. A., AL-HADHRAMI, T., TAN, C. W., & YATIM, A. H. (2018). Towards green energy for smart cities: particle swarm optimization based MPPT approach. *IEEE Access*, *6*, 58427-58438.

ALNASIR, Z., & KAZERANİ, M. (2016). A small-scale standalone wind energy conversion system featuring SCIG, CSI and a novel storage integration scheme. *Renewable Energy*, *89*, 360-370.

BLAABJERG, F., & MA, K. (2013). Future on power electronics for wind turbine systems. *IEEE Journal of emerging and selected topics in power electronics*, *1*(3), 139-152.

CHEN, J., CHEN, J., & GONG, C. (2013). New overall power control strategy for variable-speed fixed-pitch wind turbines within the whole wind velocity range. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, *60*(7), 2652-2660.

CHEN, J., CHEN, J., & GONG, C. (2013). On optimizing the aerodynamic load acting on the turbine shaft of PMSG-based direct-drive wind energy conversion system. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, *61*(8), 4022-4031.

DÖŞOĞLU, M. K. (2016). Hybrid low voltage ride through enhancement for transient stability capability in wind farms. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, *78*, 655-662.

DURSUN, M., DÖŞOĞLU, M. K., & GÜVENÇ, U. (2019). Şebeke Bağlantılı Üç Fazlı Sincap Kafesli Asenkron Generatörün Değişken Rüzgâr Hızlarındaki Dinamik Cevabı. *SDU International Journal of Technological Science*, *11*(2).

NAIDU, N. S., & SINGH, B. (2016). Grid-interfaced DFIG-based variable speed wind energy conversion system with power smoothening. *IEEE transactions on sustainable energy*, *8*(1), 51-58.

SEIXAS, M., MELÍCIO, R., MENDES, V. M. F., & COUTO, C. (2016). Blade pitch control malfunction simulation in a wind energy conversion system with MPC five-level converter. *Renewable Energy*, *89*, 339-350.

İKİ ALANLI ENTERKONNEKTE GÜÇ SİSTEMİNİN OTOMATİK ÜRETİM KONTROLÜ

Cenk ANDİÇ
İstanbul Teknik Üniversitesi / Elektrik-Elektronik Fakültesi / Elektrik Mühendisliği
andic18@itu.edu.tr Orcid ID: 0000-0003-1123-899X

Ali ÖZTÜRK
Düzce Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Elektrik-Elektronik Mühendisliği
*aliozturk@duzce.edu.*tr Orcid ID: 0000-0002-3609-3603

Özay CAN
Samsun Üniversitesi / Kavak Meslek Yüksekokulu / Elektrik ve Enerji Bölümü
ozay.can@samsun.edu.tr Orcid ID: 0000-0003-1802-3502

Özet

Bir güç sisteminin işletilmesinde frekans ve gerilim kararlılığı güç kalitesini belirleyen önemli faktörlerdir. Enterkonnekte güç sisteminde herhangi bir alanda yük miktarının artması ya da azalması, bağlantı halinde olan diğer alanlarda frekans ve gücün değişmesine sebep olmaktadır. Şebeke yükü sürekli olarak değişirken, generatör çıkışlarının otomatik olarak değiştirilmesi gerekir. Şebeke frekansının belirli tolerans sınırları aralığında sabit kalmasını sağlamak amacı ile çeşitli kontrolör tasarımları yapılmaktadır. Bu çalışmada ilk hız kontrol ve destekleyici hız kontrolör tasarımları gerçekleştirilerek, yük değişimine karşılık frekansın değişimi kontrol altında tutulmaya çalışılmıştır. Frekans değişimini sıfıra düşürmek için, bir resetleme eylemi sağlanmalıdır. Sıfırlama eylemi, hız ayar noktasını değiştirmek için yük referans ayarına göre hareket edecek bir integral kontrolör eklenerek gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada iki alanlı enterkonnekte yeniden-ısıtmasız termik bir güç sistemine ait simülasyon Matlab/Simulink programında gerçekleştirilmiş, sistem yükünün değişimine karşılık frekanstaki değişim; ilk hız kontrol, destekleyici hız kontrol yöntemleri uygulanarak karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Otomatik üretim kontrolü, İki alanlı enterkonnekte güç sistemi, İlk hız kontrol, Destekleyici hız kontrol.

AUTOMATIC GENERATION CONTROL OF TWO-AREA INTERCONNECTED NON-REHEAT THERMAL POWER SYSTEM

Abstract

Frequency and voltage stability are important factors determining the power quality in the operation of a power system. The increase or decrease in the amount of load in any area of the interconnected power system causes the frequency and power to change in other areas that are in connection. While the network load is constantly changing, the outputs of generators need to be changed automatically. Various controller designs are made in order to keep the network frequency constant within certain tolerance limits. For this purpose, in this study, the first speed control and supplementary speed controller designs were designed and the change in frequency against the load change was tried to be kept under control. In order to reduce the frequency deviation to zero, it must be provided a reset action. The reset action can be achieved by introducing an integral controller to act on the load reference setting to change the speed set point. In this study, the simulation of two-area interconnected non-reheat thermal power system is in the Matlab / Simulink program change in frequency versus change in actual system load; the first speed control, supplementary speed control methods were applied and examined comparatively.

Keywords: Automatic generation control, Two-area interconnected power system, Primary speed control, Supplementary speed control.

1. GİRİŞ

Elektrik enerjisi, nominal sistem gerilim ve frekans ile bir enterkonnekte güç sistemi tarafından üretilmekte, iletilmekte ve dağıtılmaktadır. Sistemin aktif ve reaktif güçte sürekli biçimde olacak yük değişimlerini karşılaması gerekir. Elektrik enerji sistemi frekans kararlılığı, gerilim kararlılığı ve güvenilirlik seviyesi standartlarını sağlamalıdır. Üretilen güç miktarındaki veya talep edilen yük gücündeki herhangi bir değişiklik, aktif güç dengesini bozmaya ve buna bağlı olarak sistem frekansının nominal değerini değiştirmeye neden olur. Bunun sonucu olarak termik, hidro, nükleer, gaz, rüzgâr ve güneş santrallari gibi farklı üretim alanlarından oluşan güç sistemi şebekesinin frekansı artık nominal değerinde tutulamaz ve aralarında hem frekans hem de güçte salınımlar oluşur (Arya, 2018). Frekansın nispeten yakın kontrolünü senkron generatörlerin hızlarının sabitliği sağlar. Frekans bütün sistemlerde ortak bir faktör olduğu için, enterkonnekte sistemde herhangi bir alanda aktif güç talebindeki değişim bütün alanlara yansıtılır. Her bir üretim birimindeki hız regülatörleri (devir sayısı regülatörleri) merkezi kontrolde ortaya çıkan ilk hız kontrol fonksiyonlarını sağlar. İki veya daha fazla bağımsız kontrol alanı enterkonnekte güç sisteminde, frekans kontrolüne ilave olarak, her alan dahilinde güç dengesini sağlayacak şekilde kontrol edilmelidir. Üretim ve frekansın kontrolü yük frekans kontrolü ya da otomatik üretim kontrolü olarak adlandırılır (Demirören ve ark., 2004). Otomatik üretim kontrolünün ilk amacı, frekansı belirlenmiş nominal bir değere ayarlamak ve seçilen generatör çıkışlarının ayarlayarak, kontrol alanları arasındaki güç alışverişinin çizelge değerinde kalmasını sağlamaktır. Sitem yükü sürekli olarak değişirken, generatörlerin çıkışlarının otomatik olarak değiştirilmesi gereklidir.

Bu çalışmada ise ara-ısıtıcısız iki alanlı termik enterkonnekte güç sisteminde 1. alanda meydana gelen yük değişikliğinin sistem frekansına olan etkisini ve bu değişimi engellemek adına Matlab/Simulink benzetim programı üzerinde ilk hız (primer) kontrolü yapılmıştır. Enterkonnekte bir sistem olduğu için 1. alanda meydana gelen yük değişimi sadece 1. alanın değil aynı zamanda 2. alanın frekansının değişmesine sebep olmaktadır. İlk hız kontrolü sonucunda frekansta kayma meydana gelmiştir ve sistemin sürekli durum frekansı incelendiğinde frekans nominal frekans değerine ulaşamamaktadır. Bu sorunun çözülmesi için destekleyici hız (sekonder) kontrol kullanılmıştır. Destekleyici hız kontrol ile alan kontrol hatası (ACE) işareti oluşmaktadır ve bu hata sıfırlanmaya çalışılmaktadır. Hatanın sıfırlanma eylemi için ise integral kontrolör kullanılmıştır. Simülasyon programında ilk hız kontrol ve destekleyici hız kontrol sırasıyla uygulanmıştır ve destekleyici hız kontrolü sonrasında sürekli durum frekansının nominal frekans değerinde kararlılığını sürdürdüğü görülmüştür.

2. GÜÇ SİSTEMİNİN MODELLENMESİ

Elektrik kuruluşları tarafından sağlanan elektrik enerjisinin birincil kaynağı suyun kinetik enerjisi ya da fosil yakıtlardan veya nükleer fisyonlardan elde edilen ısıl enerjidir (Demirören ve ark., 2004). Tahrik sistemleri bu enerji kaynaklarını mekanik enerjiye dönüştürür ve bu mekanik enerji de senkron generatörler tarafından elektrik enerjisine dönüştürülür. Tahrik makinası devir sayısı regülatörleri, çoğunlukla yük-frekans kontrolü (Load Frequency Control – LFC) ya da otomatik üretim kontrolü (Automatic Generation Control - AGC) olarak isimlendirilen frekans/aktif güç kontrolü için kullanılırlar (Arya ve ark., 2020). Tahrik makinasını oluşturan türbin sistemleri hidrolik türbinler ve buhar türbinleri olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (Ozdemir ve ark., 2016). Bu çalışmada buhar türbinleri ele alınmıştır.

Bir buhar türbini yüksek basınçlı ve yüksek sıcaklıklı buharda depolanan enerjiyi, daha sonra generatör tarafından elektriksel enerjiye dönüştürülecek olan mekanik enerjisine dönüştürür. Buharı sağlayan kazan ısı kaynağı bir ham ısıl madde ya da nükleer reaktör yakılan bir kazan olabilir. Kazana yakılması için bir ham ısıl madde ve yanması için hava verilmesi ile ham enerji madde yakılır ve elde edilen enerji ile kazanda bulunan saf su buharlaştırılır. Elde edilen buhar, borulardan geçirilerek bir emniyet ve ayar vanası kontrolü ile türbine verilir. Türbinin dönmesi ile elde edilen mekaniksel enerji, türbinin miline bağlı olan generatörde elektrik enerjisinin üretilmesini sağlar. Buhar türbinleri ise ara-ısıtıcılı ve ara-ısıtıcısız olarak iki gruba ayrılır. Ara ısıtma ile buhardaki nem giderilir böylece buharda depolanan enerji miktarı artmış olur ve verim iyileştirilir. Güç sisteminde yükün değişmesi ile senkron generatörün devir sayısı değişecektir ve bu durum frekansı değiştirecektir. Frekansın değişmemesi için devir sayısı regülatörü generatörün devir sayısını sabit tutmaya çalışacaktır. Bunun için generatörü tahrik eden

mekaniksel güç ile oynarak değişen güç dengesini sabitlemeye çalışacaktır. Mekaniksel gücün değişmesi için buhar türbinin ayar vanası ile değişim yapılması gerekmektedir. Bu sırada, türbini besleyen borulardaki buharlar bir anda değişim gösteremezler, yüklenme süresi adı verilen bir zamana ihtiyaç duyarlar. Yüklenme süresi dolduktan sonra mekaniksel güç değişecektir. Generatörü besleyen mekaniksel güç değişince, generatörün rotoru hızlanmak ya da yavaşlamak isteyecektir. Rotor kütlesi ve yarıçapı gereği bu hız değişimine karşı eylemsizlik gösterecektir. Aynı zamanda yük değişmesi ile meydana gelen frekans değişimi sisteme ekstra bir yük gibi yansıyacaktır. Enterkonnekte güç sisteminde frekans kontrolünü sağlayabilmek için öncelikle sistemde bulunan bahsi geçen tüm elemanların modellenmesi gerekir.

2.1. Buhar Türbin Modeli

Bir buhar türbini yüksek basınçlı ve yüksek sıcaklıklı buharda depolanan enerjiyi, daha sonra generatör tarafından elektriksel enerjiye dönüstürülecek olan mekanik enerjiye dönüstürür.

Kazan için süreklilik denklemi, Denklem (1)'de gösterilmiştir.

$$\frac{dW}{dt} = V.\frac{d\rho}{dt} = Q_{giriş} - Q_{çıkış} \tag{1}$$

Denklem (1)'de belirtilen *W*: kazandaki buharın ağırlığı (kg)=*V*xρ, *V*: kazanın hacmi (m^3), ρ: buharın yoğunluğu (kg/m^3), *Q*: buhar kütlesi çıkış hızı (kg/s.) ve *t:* zaman (s.).

Kazandaki dışarı buhar akışının kazandaki basınç ile doğru orantılı olduğu varsayımıyla Denklem (2) oluşturulur.

$$Q_{çıkış} = \frac{Q_0}{P_0}.P \tag{2}$$

Denklem (2)'de belirtilen *P*: kazandaki buharın basıncı (kPa)=k.N/m^2, P_0: nominal basınç ve Q_0: kazandaki nominal buhar çıkış değeridir. Kazanda sabit sıcaklık olduğunda,

$$\frac{d\rho}{dt} = \frac{dP}{dt}.\frac{\partial\rho}{\partial P} \tag{3}$$

Olur. Bu işlemler devam ettirildiğinde Denklem (4) elde edilir.

$$Q_{giriş} - Q_{çıkış} = V.\frac{\partial\rho}{\partial P}.\frac{dP}{dt} = V.\frac{\partial\rho}{\partial P}.\frac{P_0}{Q_0}.\frac{dQ_{çıkış}}{dt} = T_V.\frac{dQ_{çıkış}}{dt} \tag{4}$$

Denklem (4)'te ifade edilen T_V kazanın zaman sabitidir. T_V'nin açık hali Denklem (5)'te gösterilmiştir.

$$T_V = \frac{P_0}{Q_0}.V.\frac{\partial\rho}{\partial P} \tag{5}$$

Laplace formunda, düzenlendiğinde bir üstteki eşitlik $Q_{giriş}$-$Q_{çıkış}$ = T_V.s.$Q_{çıkış}$ ya da Denklem (6)'daki gibi gösterilir.

$$\frac{Q_{çıkış}}{Q_{giriş}} = \frac{1}{1 + sT_V} \tag{6}$$

Denklem (6)'da buhar kazanının transfer fonksiyonu gösterilmektedir.

2.2. Hareket Denklemi

Yük değişimi olduğunda, bu ani olarak generatörün elektriksel moment çıkısı Te'de değisim olarak görülür. Bu hareket eşitliği ile kolayca belirlenecek olan hızdaki değişimleri veren Te elektriksel momenti ve Tm mekanik momenti arasında uyuşmazlığa neden olur (Guha ve ark., 2018). Şekil 1'deki transfer fonksiyonu rotor hızını elektrik ve mekanik momentlerin bir fonksiyonu olan bağıntıyı gösterir. Yük-frekans incelemeleri için mekanik ve elektriksel güçler yardımı ile ifade edilmesi tercih edilir. Güç ve moment arasındaki bağıntı Denklem (7)'de gösterilmiştir.

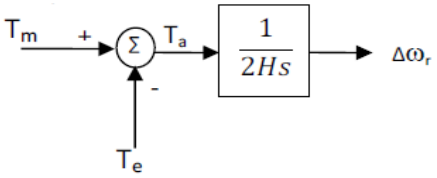
$$P = \omega_r . T \quad (7)$$

Başlangıç değerinden küçük sapmalar için güç ve moment ifadeleri Denklem (8)-(9)-(10)'da gösterilmiştir.

$$P = P_0 + \Delta P \quad (8)$$

$$T = T_0 + \Delta T \quad (9)$$

$$\omega = \omega_0 + \Delta\omega_r \quad (10)$$



Şekil 1. Hız ve moment arasındaki transfer fonksiyonu.

Şekil 1'de belirtilen,

H: Eylemsizlik sabiti (MW-s/MVA)

T_e: Elektriksel moment (p.u.)

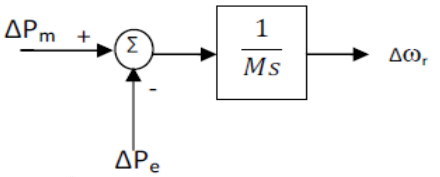
T_m: Mekanik moment (p.u.)

s: Laplace operatörü

T_a: İvmesel moment

$\Delta\omega_r$: Rotor hızındaki değişim (p.u.)'dir.

Şekil 1 eğer güçteki değişimler ile ifade edilecek olursa Şekil 2'deki durum oluşmaktadır.



Şekil 2. Hız ve güç arasındaki transfer fonksiyonu.

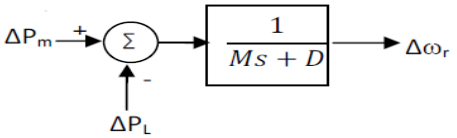
Şekil 2'de belirtilen M = 2.H'dir. Sonuç olarak, hız değişim bölgesi dahilinde, türbin mekanik gücü esas olarak vana veya kapak durumunun bir fonksiyonudur ve frekanstan bağımsızdır.

2.3. Yük Denklemi

Genellikle, güç sistemindeki yükler çeşitli elektriksel cihazların bir birleşimidir. Aydınlatma ve ısıl yükler gibi dirençsel yükler için, elektriksel güç frekanstan bağımsızdır. Fanlar ve pompalar gibi motor yükü durumunda ise, elektriksel güç motor hızındaki değişimler nedeniyle frekansla değişir. Bütün karmaşık yükün frekansa bağlı karakteristiği Denklem (11) ile ifade edilir.

$$\Delta P_e = \Delta P_L + D\Delta\omega_r \quad (11)$$

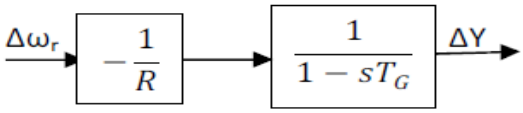
Denklem (11)'de ifade edilen *D*: yük sönüm sabitidir. Frekansın değişmesi ile sisteme yansıyan ekstra bir yük olarak düşünülebilir. Yükteki sönümün etkisi gösteren blok diyagramı Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Frekans değiştiğinde yükün davranışının blok diyagramı.

2.4. Devir Sayısı Regülatörü

Paralel çalısan iki ya da daha fazla sayıda birim arasındaki kararlı yük paylasımı için, yük artarken hız azalacak sekilde bir özelliğe sahip olan (proporsiyonel)devir sayısı regülatörü kullanılmalıdır. Enterkonnekte güç sisteminde yük artışının generatörler tarafından paylaştırılmasında generatörlerin hız düşüsü (R: Speed Droop) eğrilerinden faydalanılır. Hız düşüsü yüzdelik olarak ifade edilir ve düşüsü az olan generatör yük paylaşımında üzerine daha fazla yük alacak şekilde paylaşım yapılır. Generatörlerin hız düşüsülerini dahil edecek şekilde devir sayısı regülatörünün blok diyagramı Şekil 4'te gösterilmiştir.

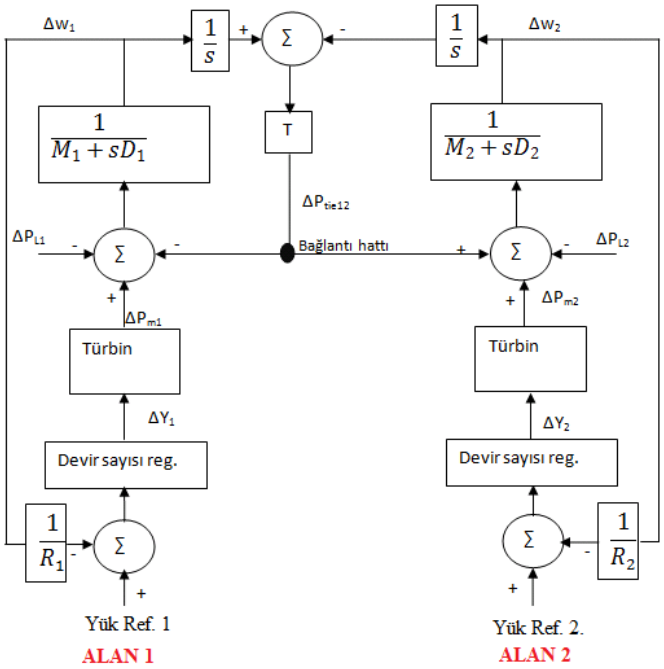


Şekil 4. Devir sayısı regülatörünün transfer fonksiyonu.

3. İKİ ALANLI GÜÇ SİSTEMİNE AİT SİMÜLASYONLAR

3.1. İlk Hız (Primer) Kontrol

Primer kontrol olarak da isimlendirilen bu kontrol döngüsünde üretilen güç, sistemdeki toplam yüke eşittir. Bu olay sonucunda üretilen ve tüketilen güç miktarı eşitlenirken, frekansta R eğimine bağlı olarak bir miktar kayma olur. R katsayısını belirleyen kullanılan hız regülatörünün özelliğidir. İlk hız kontrol hareketi ile sistem yükündeki değişim, yükün referans duyarlılığına ve devir sayısı regülatörü düşü karakteristiğine bağlı olarak, sürekli durum frekansında bir değişime yol açar. Bu, güç sistemlerinde istenmeyen bir durumdur. Sistem frekansının yük değişimi ne olursa olsun sabit kalması esastır. Hızı ayarlayan bütün üretim birimleri, yükün değiştiği bölgeye bağlı olmaksızın, üretimdeki bütünsel değişime katkıda bulunur (Padhan ve ark., 2013). Şekil 5'te ilk hız kontrolü uygulanan iki alanlı enterkonnekte güç sistemi gösterilmiştir.



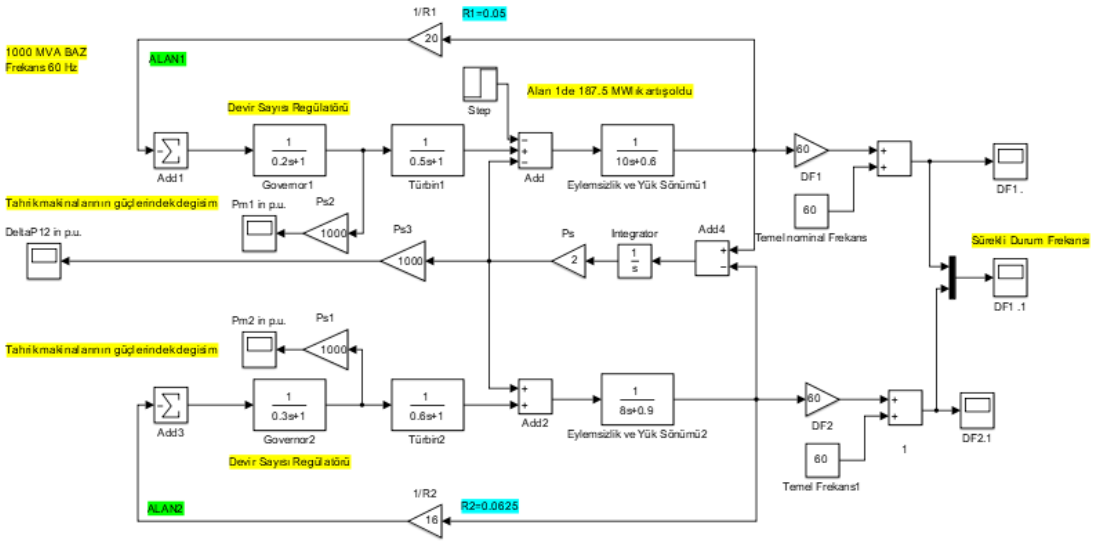
Şekil 5. İki alanlı enterkonnekte güç sisteminde ilk hız kontrolü.

Şekil 5'te belirtilen iki alanlı enterkonnekte güç sistemi için transfer fonksiyonunda yer alan parametreler Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. İki alanlı enterkonnekte güç sisteminin parametreleri.

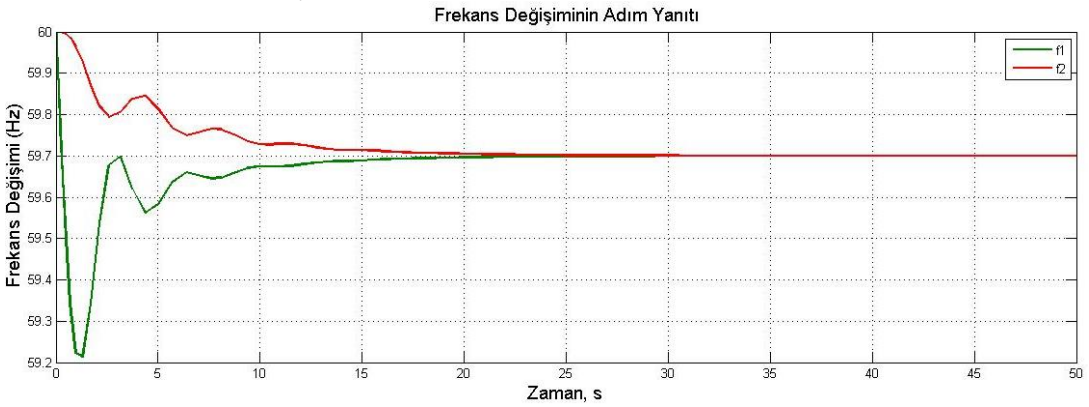
ALAN	1	2
Hız Regülasyonu (R)	R1 = 0.05	R2 = 0.0625
Yük Sönüm Sabiti (D)	D1 = 0.6	D2 = 0.9
Eylemsizlik Sabiti (H)	H1 = 5	H2 = 4
Baz Güç (Sbaz)	1000 MVA	1000 MVA
Governor Zaman Sabiti (Tg)	Tg1 = 0.2 s	Tg2 = 0.3 s
Türbin Zaman Sabiti (Tch)	Tch1 = 0.5 s	Tch2 = 0.6 s

Şekil 6'da, Şekil 5'te belirtilen iki alanlı güç sisteminin MATLAB / Simulink programında modellenmiş hali gösterilmektedir. Alan 1'de meydana gelen 187.5 MW'lık bir yük artışının güç sistemine olan frekans etkisi ve ilk hız kontrolü sonrasında frekansta meydana gelen değişim Şekil 7'de gösterilmektedir. Yük değişimi sonrasında alanlardaki generatörlerin çıkış gücündeki değişimi ve bağlantı hattındaki güç değişimi Şekil 8'de gösterilmektedir.



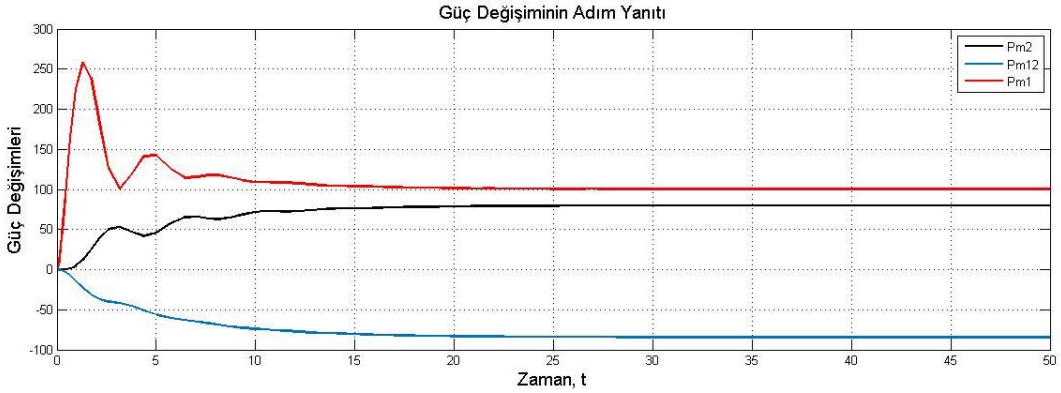
Şekil 6. İki alanlı enterkonnekte güç sisteminin ilk hız kontrolünün modellenmesi.

1. Alanda meydana gelen yük artışından kaynaklanan sürekli durum frekansı Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Yük değişimi sonrasında sistemin sürekli durum frekansı.

Şekil 7'de görüleceği üzere sistem yaklaşık 23. saniyeden sonra oturmaktadır. Ancak sürekli durum frekansı başlangıçta 60 Hz'i yük artışından sonra yakalayamamaktadır. Sürekli durum frekansı 59.7 Hz'dir ve ilk hız kontrolü sonrasında frekansta bir miktar kayma meydana gelmiştir. Yük değişimi sonrasında generatörlerde ve bağlantı hattında meydana gelen güç değişimi Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 8. Yük değişimi sonrasındaki güç değişimleri.

Generatör 1'in çıkış gücündeki değişim ΔP_{m1} = 100 MW, generatör 2'deki güç değişimi ΔP_{m2} = 80 MW ve bağlantı arasındaki güç değişimi ΔP_{12} = -84.5 MW'tır. Alanlar arasındaki güç dengesi tam sağlanamadığından bir frekans kayması meydana gelmiştir. İlk hız kontrolü bu durumda yetersiz kalmaktadır ve ek bir kontröle ihtiyaç duyulmaktadır.

3.2. Destekleyici Hız (Sekonder) Kontrol

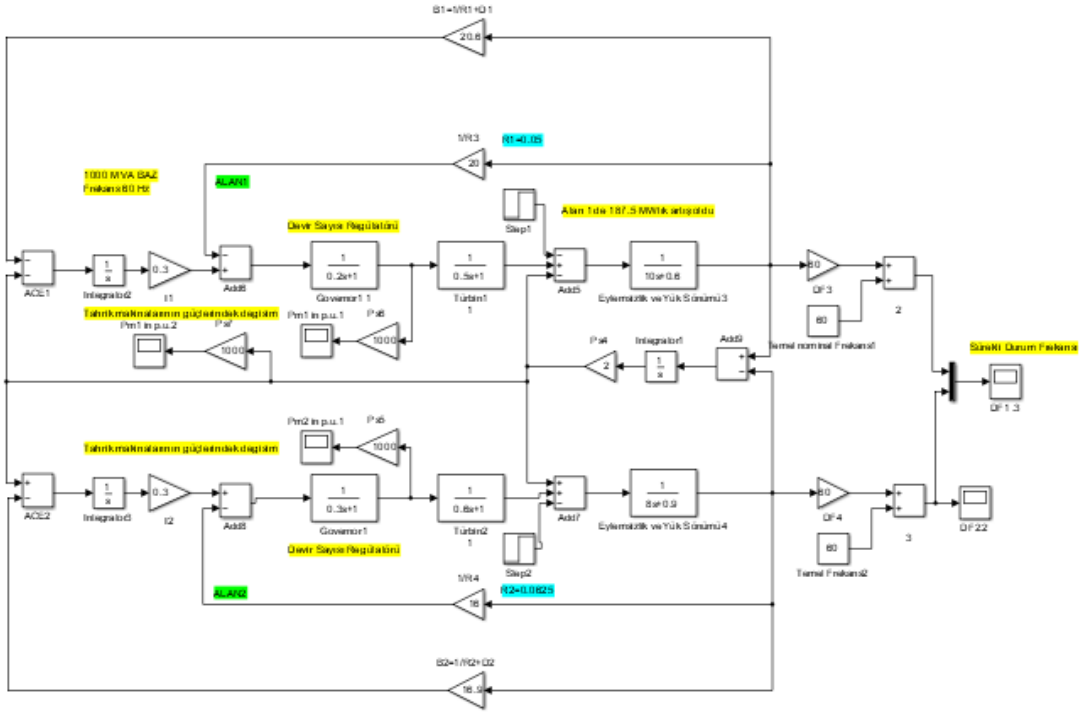
Destekleyici hız (sekonder) kontrol, ilk hız (primer) kontrol sonucu meydana gelen frekans kaymasını düzeltmektedir. Frekansı düzeltebilmek için her bir alandaki yük ve üretimi dengeye getirmeye çalışacaktır. Destekleyici hız kontrolünde ilk hız kontrolüne ek olarak bir Alan Kontrol Hatası (Area Control Error – ACE) işareti oluşmaktadır (Çelik, 2020). İntegral kontrolör kullanılarak yük değişimi sonucunda oluşan alan kontrol hatası sıfırlanmaya çalışılır. Alan kontrol hatası Denklem (12)'de gösterilmiştir.

$$ACE = \Delta P_{12} + B.\Delta f \tag{12}$$

Denklem (12)'de ifade edilen B frekans yönelim faktörüdür (MW/Hz). Frekans yönelim faktörü Denklem (13)'te ifade edilmiştir.

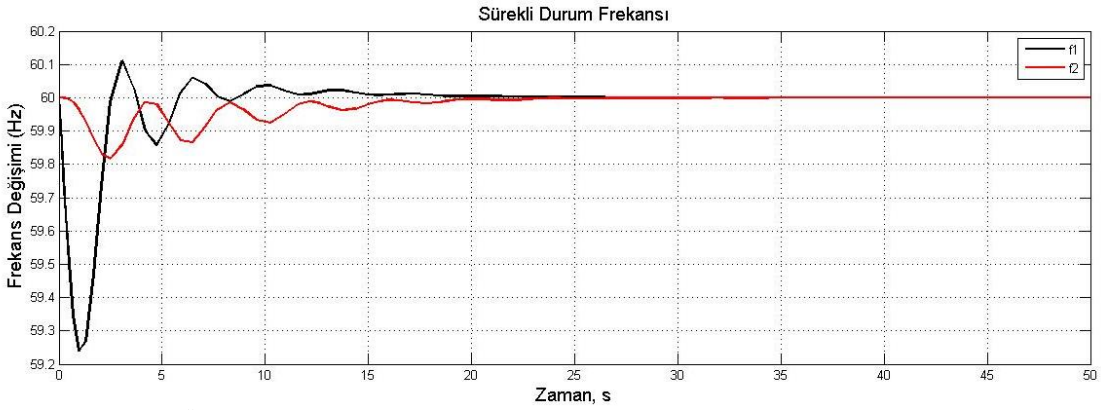
$$B = \frac{1}{R} + D \tag{13}$$

Denklem (13)'te belirtilen *D*: yük sönüm katsayısıdır. Denklem (12)'de ifade edildiği üzere alan kontrol hatası, bağlantı hattındaki güç değişimi ile frekans değişiminin frekans yönelim faktörü ile çarpılmasından oluşmaktadır. Alan kontrol hatasını sıfırlamak için İntegral kontrolör kullanılmıştır ve integratör kat sayısı K_i = 0.3 kabul edilmiştir. Şekil 9'da destekleyici hız kontrolü içeren iki alanlı güç sisteminin MATLAB / Simulink'te modellenmiş hali gösterilmektedir.



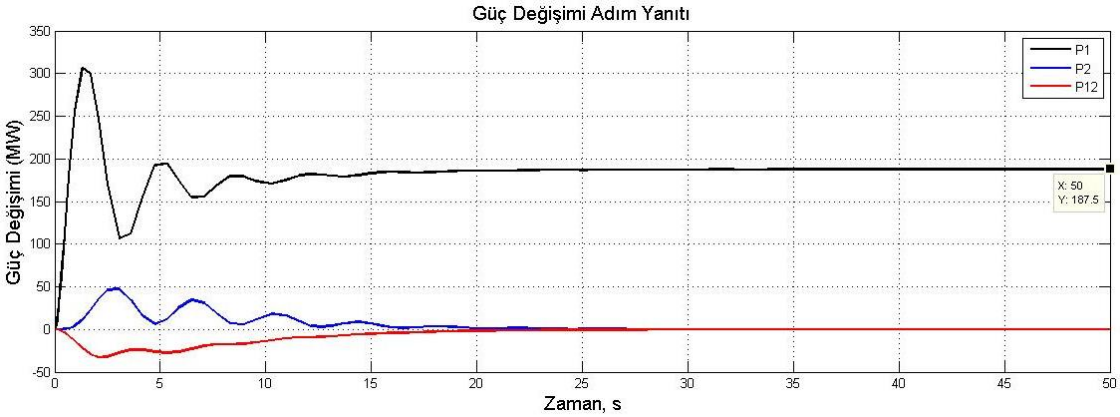
Şekil 9. İki alanlı enterkonnekte güç sisteminin destekleyici hız kontrolü ile modellenmesi.

Destekleyici hız (sekonder) kontrolü sonrasındaki frekans değişimi Şekil 10'da gösterilmiştir. Destekleyici hız kontrolü sonrasındaki makinelerde oluşan güç değişimi ve bağlantı hattındaki güç değişimi Şekil 11'de gösterilmiştir.



Şekil 10. Destekleyici hız (sekonder) kontrol sonrası sürekli durum frekansı.

Şekil 10'da gösterildiği sistem yaklaşık 23. saniyeden sonra oturmaktadır. Sekonder hız kontrol sonrasında frekans başlangıçtaki nominal işletme frekansı değerine 60 Hz'i korumaktadır.



Şekil 11. Yük değişimi sonrasındaki güç değişimleri.

Şekil 11'de gösterildiği üzere sürekli durum halinde Generatör 1'in çıkış gücündeki değişim ΔPm1 = 187.5 MW, generatör 2'deki güç değişimi ΔPm2 = 0 MW ve bağlantı arasındaki güç değişimi ΔP12 = 0 MW'tır. Ek kontrol ile 1 alanındaki yükte bir değişim varsa, sadece bir alanında ek kontrol yapılarak sistem dengeye getirilmektedir.

4. SONUÇLAR

Enterkonnekte güç sisteminde herhangi bir alandaki yükün değişmesi ile elektrik enerjisinin frekansı değişmektedir. Frekansın değişmemesi için generatörün tahriğiyle oynayarak denge sağlanmaktadır. Otomatik üretim kontrolünde, ilk hız (primer) kontrolünde güç dengesi, frekans kaymasından dolayı tam sağlanamamaktadır. Frekans kaymasını giderebilmek adına destekleyici hız (sekonder) kontrole ihtiyaç duyulmaktadır. İntegral kontrolü sayesinde frekans hatası bir süre sonra sürekli durumda sıfırlanmaktadır. Destekleyici hız kontrolü ile yük değişimine karşı frekans değişimi istenen seviyede tutulmaktadır. Bu çalışmada ACE işaretlerini sıfırlamak için kontrolör olarak İntegral kontrolör (Ki) kullanılmıştır. İntegral katsayısı, sabit bir değer (Ki=0.3) kabul edilmiştir. Destekleyici hız kontrol sonrasında sistem frekansı başarıyla sabit tutulmuştur.

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada ACE işaretlerini sıfırlamak için kontrolör olarak İntegral kontrolör (Ki) kullanılmıştır. İntegral katsayısı, sabit bir değer (Ki=0.3) kabul edilmiştir. İlerleyen çalışmalarda ise PID kontrolör kullanılarak, Ki, Kp ve Kd katsayılarının sezgisel algoritmalar ile bulunulması amaçlanılmaktadır.

KAYNAKLAR

ARYA, Y. (2018). AGC of two-area electric power systems using optimized fuzzy PID with filter plus double integral controller. *Journal of the Franklin Institute*, 355(11), 4583-4617.

ARYA, Y., DAHIYA, P., ÇELIK, E., SHARMA, G., GÖZDE, H., & NASIRUDDIN, I. (2020). AGC performance amelioration in multi-area interconnected thermal and thermal-hydro-gas power systems using a novel controller. *Engineering Science and Technology, an International Journal.*

ÇELİK, E. (2020). Improved stochastic fractal search algorithm and modified cost function for automatic generation control of interconnected electric power systems. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, *88*, 103407.

DEMIRÖREN, A., & ZEYNELGIL, L. (2004). *Elektrik enerji sistemlerinin kararlılığı, kontrolü ve çalışması*. Birsen Yayınevi.

GUHA, D., ROY, P.K., BANERJEE, S., (2018). Application of backtracking search algorithm in load frequency control of multi-area interconnected power system. *Ain Shams Eng. J*. 9, 257–276.

PADHAN, D. G., & MAJHI, S. (2013). A new control scheme for PID load frequency controller of single-area and multi-area power systems. *ISA transactions*, *52*(2), 242-251.

ÖZDEMİR, M. T., & ÖZTÜRK, D. (2016). İki Bölgeli Güç Sisteminin Optikten Esinlenen Optimizasyon Algoritması ile Optimal Yük Frekans Kontrolü. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 28(2), 57-66.

BOLU İLİNDE ALABALIK ÜRETİMİ, TESİSLERİN PROBLEMLERİ VE DAHA FAZLA ÜRETİM YAPILABİLMESİ İÇİN ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Sedat KÜÇÜKBAŞ
Kocaeli Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü / Su Ürünleri ABD
sedat.kucukbas@gmail.com

Hamdi AYDIN
Kocaeli Üniversitesi / Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi / Su Ürünleri Programı
aydin@kocaeli.edu.tr

Özet
Bu çalışmada, Bolu İlinde bulunan alabalık üretim tesislerinin proje üretim kapasiteleri, üretim miktarları, stok durumları, iş gücü ve iş güvenliği, balık sağlığı, personelin eğitim durumları ve daha fazla üretim yapabilmeleri konusunda gerekli olacak proje revizyon durumları değerlendirilmiştir. Bu çalışma için Bolu İlinde bulunan farklı özelliklere sahip 10 tesis örnek olarak alınarak incelenmiştir. İncelenen tesislerin birinde balık havuzlarının yerleşim planında detaylı bir proje revizyonunun gerekliliği tespit edilirken, bazı tesislerde basit ve kolaylıkla yapılabilecek küçük proje revizyonları ile tesislerde daha fazla ve sağlıklı balık üretiminin yapılabileceği tespit edilmiştir. İncelenen alabalık üretim tesislerinde görülen hastalıkların büyük çoğunluğunun olumsuz çevre koşullarından (stok yoğunluğu, kirlilik vs.) kaynaklandığı ve tesislerde yapılabilecek küçük proje revizyonları ile bu durumun ortadan kaldırılabileceği öngörülmüştür. Tesis ziyaretleri, uzman görüşleri ve benzer işletmelerin karşılaştırılması ile bu durumun geleceğe yönelik analizleri yapılmıştır. Örnek alınan tesislerde önerilen revizyonların uzun vadeli kazanımlarının önemi vurgulanmaya çalışılmıştır. Bu çalışma ile üretim döngüsünün bir bütün olduğu ve bu döngü içerisinde revizyon yapma durumunun sürekliliği değerlendirilmiştir. Tesislerde yaşanan kronik sorunların büyük kısmının tesis fiziki yapısında yapılacak düzenlemelerle çözülebileceği ortaya konmaya çalışılmıştır.
Anahtar Kelimeler: Alabalık üretimi, proje revizyonları, Bolu İli.

TROUT PRODUCTION IN BOLU PROVINCE, PROBLEMS OF FACILITIES AND SOLUTION RECOMMENDATIONS FOR MORE PRODUCTION

Abstract
In this study, were evaluated the project production capacities, production quantities, stock status, labor and occupational safety, fish health, training of the personnel and the project revision situations in Bolu province that will be required for further production of trout production facilities. For this study, 10 facilities with different characteristics in Bolu Province were taken as samples and analyzed. While a detailed project revision was determined in the layout of the fish ponds in one of the examined facilities it was determined that more end healthier fish production could be made in the facilities with small project revisions that could be done simply and easily in some facilities. It has been predicted that most of the diseases seen in the analyzed trout production facilities are caused by adverse environmental conditions (stock density, pollution etc.) and this situation can be eliminated with small project revisions that can be made in the facilities. Future-oriented analysis of this situation has been made by facility visits, expert opinions and comparison of similar businesses. The importance of long-term gains of the revisions proposed in the exemplary facilities has been tried to be emphasized. With this study, it is evaluated that the production cycle is a whole and the continuity of revision in this cycle. It has been tried to put forward that most of the chronic problems experienced in the facilities can be solved by making arrangements in the physical structure of the facility.
Keywords: Trout production, project revision, Bolu Province.

1. GİRİŞ

Su ürünleri yetiştiriciliği 1970'li yıllardan itibaren tüm dünyada hızlı bir gelişim göstermiştir. Günümüzde, dünya genelinde yıllık üretimi 82 milyon tona ulaşan su ürünleri yetiştiriciliği, toplam su ürünleri üretiminin % 46'sını sağlamaktadır. Yetiştiriciliğin hızlı gelişiminde etkili olan en önemli faktörler arasında nüfus ve gelir düzeyindeki artışa karşın avcılık yoluyla sağlanan üretimin maksimum

düzeye ulaşması ve dünyada nüfus artışına bağlı olarak su ürünlerine olan artan taleplerin kültür balıkçılığı ile karşılanması gelmektedir. 2018 yılı verilerine göre dünyada avcılık yolu ile elde edilen su ürünleri miktarı 96,4 milyon ton iken yetiştiricilik yolu ile elde edilen miktar 82,1 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (FAO, 2020) **(Tablo 1).**

Tablo 1. Dünyada yıllara göre su ürünleri üretim miktarı (FAO, 2020)

	AVCILIK			YETİŞTİRİCİLİK			TOPLAM
YIL	**Deniz**	**İçsu**	**Toplam**	**Deniz**	**İçsu**	**Toplam**	
2010	77.8	11.3	**89.1**	22.3	36.8	**59.1**	**148.2**
2011	82.6	11.1	**93.7**	23.4	38.7	**62.1**	**155.8**
2012	79.7	11.6	**91.4**	24.7	42.0	**66.7**	**158.0**
2013	80.9	11.7	**92.6**	25.5	44.7	**70.2**	**162.8**
2014	81.6	11.9	**93.5**	26.7	47.1	**73.9**	**167.3**
2015	81.2	12.5	**93.7**	27.9	48.8	**76.6**	**170.3**
2016	79.3	11.6	**90.9**	28.7	51.4	**80.1**	**171.0**
2017	80.6	11.9	**92.5**	30.6	49.5	**80.1**	**172.6**
2018	84.4	12.0	**96.4**	30.8	51.3	**82.1**	**178.5**

Türkiye'de ticari anlamda ilk olarak 1960'lı yılların sonunda Bilecik (Bozüyük)' te kurulan alabalık işletmesi, Papila Alabalık Üretim Tesisi' dir (Doğan 2003). Türkiye'de ekonomik anlamda 1970'li yıllarda sazan ve alabalık yetiştiriciliği ile başlayan su ürünleri yetiştiriciliği, 1980'li yılların ortalarından itibaren Ege ve Akdeniz'de çipura ve levrek, 1990'lı yıllarda Karadeniz'de kafeslerde alabalık yetiştiriciliği ve 2000'li yıların başında Ege ve Akdeniz'de orkinos yetiştiriciliğinin (semirtme) başlaması ile büyük ivme kazanmıştır. Halen iç sularda alabalık, sazan ve yayın balığı üretimi yapılırken denizler de ise ağırlıklı olarak levrek ve çipuranın yanı sıra yeni türler olarak minekop, sarıağız, trança, midye ve orkinos yetiştiriciliği yapılmaktadır (Aydın, 2018). 2010 yılında 485.939 ton olan toplam su ürünleri avcılık miktarı 2019 yılında 463.168 ton olarak gerçekleşirken, 2010 yılında 167.141 ton olan yetiştiricilik üretimi 2019 yılında 373.356 tona kadar yükselmiştir **(Tablo 2).** Bu üretim hızı ile de yakın bir gelecekte yıllık üretimin 500.000 tonun üzerine çıkarılması hedeflenmektedir.

Tablo 2. Türkiye'de yıllara göre su ürünleri üretim miktarı (TUİK, 2020)

	AVCILIK (TON)			YETİŞTİRİCİLİK (TON)			TOPLAM
YIL	**Deniz**	**İçsu**	**Toplam**	**Deniz**	**İç Su**	**Toplam**	**(TON)**
2010	445.680	40.259	**485.939**	88.573	78.568	**167.141**	**653.080**
2011	477.658	37.097	**514.755**	88.344	100.446	**188.790**	**703.545**
2012	396.322	36.120	**432.442**	100.853	111.557	**212.410**	**644.852**
2013	339.047	35.074	**374.121**	110.375	123.019	**233.394**	**607.515**
2014	266.078	36.134	**302.212**	126.894	108.239	**235.133**	**537.345**
2015	397.731	34.176	**431.907**	138.879	101.455	**240.334**	**672.241**
2016	301.464	33.856	**335.320**	151.794	101.601	**253.395**	**588.715**
2017	322.173	32.145	**354.318**	172.492	104.010	**276.502**	**630.820**
2018	283.955	30.139	**314.094**	209.370	105.167	**314.537**	**626.631**
2019	431.572	31.596	**463.168**	258.930	116.426	**373.356**	**836.524**

Tablo 3. Türkiye geneli ve Bolu İlinde alabalık üretimi (TUİK, 2020)

Yıllar	Türkiye Geneli (Ton)	Bolu İli (Ton)
2009	75.657	336
2010	78165	250
2011	100239	250
2012	111335	617
2013	122873	558,8
2014	107533	201
2015	100411	172
2016	99712	134
2017	101761	112
2018	103192	118
2019	113678	109

Ülkemizde su ürünleri yetiştiricilik tesislerine dair iş ve işlemler Su Ürünleri Yetiştiricilik Yönetmeliği hükümlerince yapılır. Bu yönetmeliğin bazı maddelerinde 2005 yılı itibari ile değişikliğe gidilmiştir. 2006, 2007 ve 2009 yıllarında ise oldukça kritik düzenlemeler yapılmıştır. Bu nedenle ülkemizde su ürünleri tesisleri değerlendirilirken, 2009 yılından sonra kurulmuş tesisler ile bu tarihten önce kurulmuş tesisleri ayrı ayrı değerlendirmek gerekir. Su Ürünleri Yetiştiricilik Yönetmeliğinde yapılan değişikliklerde su kaynakları, çiftlik kapasiteleri, iki tesisin birbirine uzaklığı, kuluçkahane ve havuz yerleşimi giriş ve çıkış sularının dinlendirilmesi, ölü balıkların imhası gibi birçok konuya açıklık getirilmiştir. Bu değişikliklerden sonra kurulan tesisler her açıdan daha verimli tesisler olmuştur.

İlimizde bulunan tesislerin büyük çoğunluğu bu tarihlerden önce kurulduğundan belli bir proje dâhilinde bir bütün olarak değerlendirilememiştir. Daha çok küçük aile işletmesi olarak kurulan işletmeler daha sonraki yıllarda ihtiyaç duyulduğunda proje revizesi yapılmadan ilave yapılan havuzlar ile kapasitelerini arttırma yoluna gitmişlerdir. Bu durumda işletmeler zamanla ihtiyaca cevap veremeyen, balık hastalıklarıyla etkili mücadele edemeyen, tesis işlerini yürütenlerin çok yorulup aşırı strese maruz kaldığı, zamanın etkili değerlendirilemediği, yeterli verim alınamayan ve içinde yaşamın zor olduğu tesislere dönüşmüşlerdir. Bu durum verilere üretimdeki düşüş şeklinde yansımıştır **(Tablo 3)**.

Revizyonun Türk Dil Kurumu sözlüğüne göre kelime manası; yeniden gözden geçirip düzeltmedir ve Bolu İlinde bu çalışma ile yapılmak istenen tam olarak budur. 2009 yılından sonra yapılan tesislerde bazı küçük revizyonlar gerekse de, kapsamlı bir çalışma gerekmediği görülmüştür. Fakat bu etkin yönetmelik değişikliklerinin yapıldığı 2005 yılından önce kurulan tesislerde, detaylı bir revizyon çalışmasın gerekliliği konumuz kapsamında netleşmiş olup, hayati önem taşımaktadır.

2. MATERYAL VE METOD

Bolu İlinde bulunan alabalık yetiştiricilik tesislerine belli aralıklarla ziyaretler yapılmıştır. Bu ziyaretlerde bir anket formu hazırlanmış ve bu formu doldurmaları istenmiştir. Ayrıca tesis sahipleri ile tesislerinde karşılaşılan rutin devam eden ve nadir karşılaştıkları sorunlar hakkında bilgiler alınmıştır. Alınan bu bilgiler değerlendirilerek, karşılaşılan sorunların kaynakları irdelenmiştir. Sorunların kaynaklarına inildiğinde insan hatası nedeni ile gerçekleşenler ve tesisin yapısal durumlarından kaynaklanan sorunlar ayrılmıştır. Tesisin yapısı, kurulumu, kaynaklı sorunlar kendi içinde, revize edilebilme şekillerine göre ve diğer tesislere uygun hale getirilebilme durumlarına göre değerlendirilmiştir. Öncelikle Bolu İlinde bulunan tesisler arasında farklı revizyonların yapılabileceği 10 tesis seçilmiş, bu tesislerde yapacağımız revizyon çalışmalarında ise diğer tesislere de uygulanabilecek şekilde olanlara ağırlık verilmiştir.

Alabalık üretim verileri TUİK (Türkiye İstatistik Kurumu)' in resmi sitesinden alınmıştır. Alınan bu veriler değerlendirilmiş, ülkemizde yıllara bağlı olarak artan bir eğri görünürken, Bolu İlinde eğrinin azalan yönlü olduğu tespit edilmiştir. Bu durumsa Bolu İlinde resmi rakamlara göre de tesislerin üretim miktarlarında azalma olduğunu göstermiştir. Yapılan revizyon değerlendirilmelerinde bu veriler üzerinden de ayrıca çıkarımlarda bulunuştur.

Alabalık üretim tesislerinden elde edilen veriler detaylı olarak incelenmiş ve tesislerin daha iyi bir duruma getirilmesini sağlayacak çıkarımlarda bulunulmuştur. Ayrıca ülkemizde büyük kapasite ile üretim yapan bazı tesisler (Fethiye-Muğla ve Çandır-Isparta) ile Bolu İlindeki tesisler karşılaştırmıştır. Bolu İlindeki mevcut tesislerin yukarıdaki örnek tesisler ile aralarındaki proje şekli ve üretim tekniği açısından çok geri kaldığı görülmüştür. Bolu İlindeki tesislerin adı geçen ilçelerdeki tesislerle arasındaki farklar da teknik ve yapısal açıdan değerlendirilmiştir. Yapılan revizyon değerlendirilmelerine bu durumun da katkısı oldukça fazla olmuştur. Bu durum yapısal değerlendirmelerinin uygulanabilirlik seviyesini arttırmıştır.

Tesis ziyaretleri ve çalışan personellerle yapılan söyleşiler, farklı bölgelerde yapılan tesisler ile karşılaştırma, modernize olmuş tesislerin incelenmesi, veteriner hekimlerin balık sağlığı görüşleri ve güncel iş güvenliği mevzuatının incelenmesi teknikleri etkili bir biçimde kullanılmıştır.

3. BULGULAR

Ülkemizde 50 yıllık bir geçmişe sahip olan alabalık üretimi incelendiğinde 2005, 2006, 2007, 2008, 2009 yılları önemli kırılma noktalarıdır. 10/3/1995 tarihinde yayımlanan 22223 sayılı Su Ürünleri Yönetmeliğinde oldukça önemli değişiklikler yapılmıştır. 2005 yılı öncesinde kurulan alabalık üretim tesisleri **(Şekil 1)** ile 2009 yılından sonra kurulan tesislerde **(Şekil 2)** önemli farklar gözlenmiştir.



Şekil 1: 2005 Öncesi kurulmuş bir alabalık tesisi



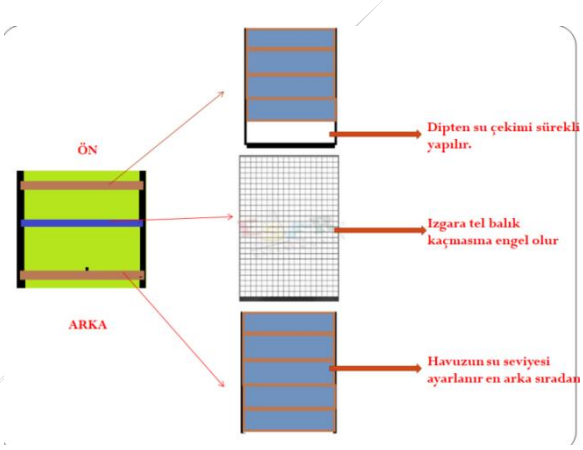
Şekil 2: 2020 Yılında kurulmuş bir alabalık tesisi

Bolu İlindeki alabalık üretimi yapan bazı tesislerin kullandıkları su kaynaklarının debilerinin yetersiz olduğu ve tüm havuzların üretimde kullanıldığı durumlarda oksijensizlik ve kirlilik problemlerinin meydana geldiği görülmüştür. Tesislerde su dağıtım sistemleri incelendiğinde genelinde giriş sularının

yeteri kadar yüksekten verilmediği ve dökülen suyu parçalayacak sistemlerin pek kullanılmadığı görülmüştür. Havuzlarda su dağıtım tahliye sistemlerinin uygun yapılması oldukça önemlidir. Uygun inşa edilmeyen tahliye sistemleri **(Şekil 3)** havuzlardaki suyun sirkülasyonunu olumsuz yönde etkilerken, yem artıkları, balık dışkıları ve suyla gelen askıdaki katı maddelerin dışarı atılmasını olumsuz yönde etkilemektedir. İyi bir su tahliye sistemi (savak) yapılması havuzların kendi kendilerini temizlemesi açısından oldukça önemlidir **(Şekil 4)**. Ayrıca havuz eğimlerinin de çıkışa doğru yapılması gerekli olup, zeminin pürüzsüz olması dip tahliyesi açısından önemlidir.



Şekil 3: Farklı tesislerin su tahliye sistemleri

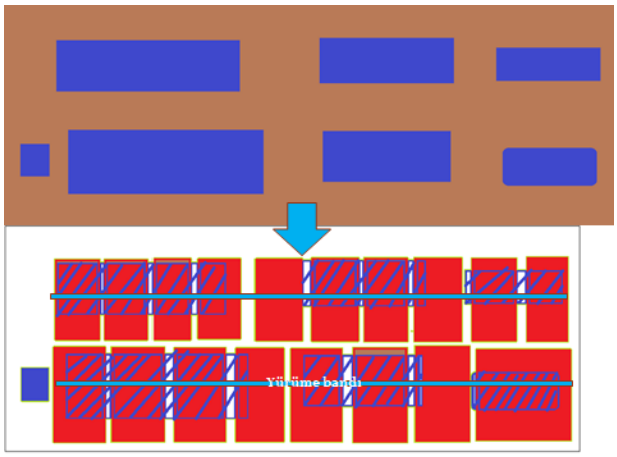


Şekil 4: Havuzların daha verimli kullanılması için tasarlanmış savak sistemi

Dip çekimi havuzda biriken, çamur ve su kaynaklarından gelen kumların etkin tahliyesini sağlar ve zararlı mikroorganizma birikmesini azaltır. Temiz havuzlarda yem zayiatı daha az olur ve balıklar dipteki yemi daha rahat alabilir. Dipte mikroorganizma olmaması, sudaki oksijen miktarına da fayda sağlar.

Tesislerde havuz yerleşim planlarının da daha verimli üretim yapacak şekilde olması gerektiği görülmüştür. İşletmelerin çoğunda mevcut havuzların oldukça eskidiği, demir ve betonların kullanım ömrünü tükettiği görülmüştür. Çoğu işletmedeki havuzların yeniden planlanması ve inşa edilmesi ile üretimin arttırılması, iş gücünden tasarruf, balık sağlığı, kontrol kolaylığı, hasat, seleksiyon, balık aşılanması, havuz temizlenmesi, afet durumları ile mücadele edilmesi, çevreci sistemler ile üretim yapılması açısından önemli olduğu tespit edilmiştir. Bu işletmelerde üretim havuzlarının yeniden planlanıp inşa edilmesi ile yapılan harcamaların çok kısa sürede geri kazanılabileceği öngörülmüştür.
Alabalık üretimde temel unsurların başında havuz yerleşkesi gelmektedir. Araziye iyi yerleştirilmiş havuzlar birçok sorunu hiç yaşanmadan çözmemizi sağlayacaktır. Bolu' da bulunan tesislerde

havuzların araziye yerleşimi, değerlendirmeler ışığında üretimdeki düşüşün ve yerinde saymanın temel nedenleri arasında görülmüştür. Bu nedenle örnek bir alabalık tesisi (Şekil 5) alınıp, bu tesis üzerinden havuz yerleşkesi yeniden düzenlemiştir.



Şekil 5: Alabalık tesisi havuz yerleşkesi düzenlemesi

Şekil 5' de revize edilmiş alabalık tesisi, havuzlarının yerleşkesini ikinci durumdaki hale getirdiği takdirde, üretim kapasitesini iki kat arttırmış olacak ve yıl boyunca istediği büyüklükte balık üretebilecektir. Tek noktadan tüm havuzların takibini yapabilecek, acil durumlarda havuzlara kolaylıkla ve zamanında müdahale edebilecektir. Balık hastalıkları ile mücadele işlemleri de daha kolay yapılabilecektir. İşletmenin tek ve büyük bir havuz yerine yaklaşık dört küçük havuza sahip olması, tesise gelen suyun verimli kullanımı sağlayacak ve bu su ile üretilen balık miktarı daha da artacaktır. Tesis kapasitesi iki katına çıktığında bu yenilenme için gerekli finansman 3-4 yılda karşılanmış olacaktır.

İncelenen tesislerin büyük bir çoğunluğunda görülen bir diğer önemli eksiklikte havuzların üzerinde yürüme bantlarının bulunmamasıdır (Şekil 5). Sadece iki tesiste yürüme bandı bulunmaktadır. Bu bantlar yemleme, hasat ve boylamada çok büyük bir kolaylık sağlamakta ayrıca iş güvenliği açısından da son derece önemlidir.

Bolu İlindeki alabalık üretim tesislerinin büyük bir çoğunluğunda suyun sıcaklığını ve oksijen durumunu ölçecek ekipmanları (termometre, oksijenmetre) bulunmamaktadır. Bir alabalık üretim çiftliğinin en önemli demir başı olan basit şeklide oksijen ölçümü yapabilecek ölçüm aletlerinin bölgede hiçbir tesiste bulunmadığı görülmüştür. Balıkların yaşam döngüsünde sudaki çözünmüş oksijen hayati önemlidir. Balık büyüme hızına ve yem değerlendirme oranına da etkisi çok fazladır. Suyun sıcaklığının yükselmesi ve oksijen eksikliğinden kaynaklanan balık ölümleri işletmelerde görülen hastalıklar ve tedavi konusunda işletme sahiplerini yanlış uygulamalara yönlendirdiği görülmüştür.

Tesislerde meydana gelebilecek acil durumlarda, su kesildiğinde, boru ve kanallar tıkandığında, oksijen düştüğünde ve hastalık durumlarında havuzlara ekstra oksijen sağlayacak, oksijen tüpü, aeratörler gibi sistemler sadece iki tesiste mevcuttur. Daha önce bu gibi durumlarda tutulan tutanaklarda birçok tesiste önemli miktarda balık öldüğü görülmüştür. Su parametrelerinin düzenli olarak ölçülmesi, kullanılan yemlerin FCR değerlerinin tutulması, yumurta, yavru balık ve porsiyon boylarda meydana gelen ölümlerin kayıt altına alınması, diğer maliyet giderlerinin düzenli olarak tutulması işletmenin karlılığı açısından önemlidir. Bu kayıtlar düzenli olarak tutulup değerlendirilmeli bu değerlendirilmeler neticesinde, yapılacak revizyon tarzı belirlenmedir. İşletmede revizyon gerekliliği durumunda uzman görüşleri alınarak, ülkemizde modern üretim yapan işletmeler ziyaret edilerek gerekli revizyona gidilmelidir.

4. SONUÇ

Su ürünleri üretim tesisleri kurulurken Tarım ve Orman Bakanlığının belirlediği bazı prosedürler vardır. Bu prosedürlerde üretim yapmak isteyenlerin izlemesi gereken adımlar açıkça belirlenmiştir. Üreticiler bu prosedürlere uygun hareket ettikleri takdirde ileriki yıllarda karşılaşabilecekleri birçok olumsuz problemleri de önceden halletmiş olacaklardır. Bu prosedürlerde tesiste kullanılacak suyun kalite kriterleri, tesiste kullanılacak su miktarı, arazinin durumu, tesisler arası mesafe, yetiştiricilik teknikleri ve çevresel etkiler gibi kriterler öngörülmekte ve bu kriterlerin uygun olması durumunda üreticilere tesis kurulumu için ön izin verilmektedir. Yukarıda da bahsedildiği gibi işletmeler bu prosedürlere uyulmadan inşa edilen tesislerde çoğu zaman başarılı bir üretimin yapılması zor olmaktadır.

Bolu ilinde alabalık üretimi yapan birçok işletme de başlangıçta projesiz olarak inşa ettikleri havuzlarda üretime başlamışlar ve daha sonraki yıllarda mecbur kaldıklarından mevcut yapılmış işletmelerine göre proje hazırlatıp işletmelerine resmiyet kazandırmışlardır. Birçok işletmede su miktarı, su kalitesi, arazinin durumu ve yetiştiricilik teknikleri açısından problemler mevcuttur ve bu da tesislerin üretim kalitesini olumsuz etkilemektedir. İşletmeler hali hazırda mevcut problemlerini de göz önüne alarak hazırlayacakları tesis revize projeleri ile işletmelerini yeniden planlayıp bu revize projeleri ile daha verimli bir şekilde üretim yapmaları gerekmektedir. Bu revizeler bazı işletmelerde çok küçük düzeyde olsa da bazı işletmelerde baştan aşağı yeniden bir planlamayı gerektirmektedir. İşletmelerde yapılacak revizeler üretimin arttırılması, hastalıkların önlenmesi, işgücünde tasarruf ve işletmenin ekonomikliği açısından son derece önemlidir.

KAYNAKLAR

Aydın, H. 2018. Bayburt İli Su Kaynaklarının Mevcut Durumu ve Su Ürünleri Üretiminin Geleceği. Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi. Cilt 1, Sayı 1, 67-71

Doğan, K. 2003. Türkiye' de Su Ürünleri Yetiştiriciliği ve Pazarlanması. Tarım İstanbul TKB İstanbul İl Müdürlüğü Yayın Organı, 83: 12-21

FAO, 2020. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. http://www.fao.org/3/ca9229en/CA9229EN.pdf (Erişim Tarihi: 01.12.2020)

TUİK, 2020. Su Ürünleri İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu, www.tuik.gov.tr (Erişim Tarihi: 01.12.2020)

MHD SLIP FLOW IN A CIRCULAR DUCT WITH A CONDUCTING SECTION ON THE WALL

Pelin Şenel
Karadeniz Technical University, Faculty of Science, Department of Mathematics
psenel@ktu.edu.tr , ORCID ID: 0000-0002-2096-7521

Abstract
In this study, fully developed, Magnetohydrodynamics (MHD) flow through a long circular duct is investigated. The duct wall is slipping, there exists an electrically conducting section, symmetric to the x-axis on the left, and other sides are insulated. The flow is pumped within the duct due to a given constant pressure gradient in the axial direction and it is subjected to a horizontally applied, uniform magnetic field. The influences of the slip length, applied magnetic field strength and the conducting section length on the flow are studied. The 2D, convection-diffusion type, coupled system of partial differential equations for the velocity and the induced magnetic field, in the axial direction, are discretized by the Dual Reciprocity Boundary Element Method (DRBEM). The discretized system is solved in one stroke after insertion of boundary conditions. The nodal solutions are obtained with less computational cost due to the boundary only discretization nature of the DRBEM. The numerical results reveal that, an increase in the slip length accelerates the flow and destroys the boundary layers especially for high Hartmann numbers ($\boldsymbol{Ha}$). The conducting section bends the induced magnetic field isolines towards the left wall and the boundary slip advances this effect. When $\boldsymbol{Ha} \geq \mathbf{50}$, the flow is almost stagnant around the x-axis and the stagnant region enlarges with an increase in the conducting section length.

Keywords: MHD flow, dual reciprocity boundary element method, slip, conducting section.

1. INTRODUCTION

Magnetohydrodynamics is the study of interaction between the electrically conducting fluid and the magnetic field. The fluid induces magnetic field and in turn the flow behavior changes. MHD, has a large place in scientific researches due to its vast variety of applications in engineering and medicine. Among these applications, MHD pumps, generators, valves, nuclear reactor cooling, magnetic resonance imaging and drug delivery can be counted. The MHD flow of incompressible fluid is modeled by coupled Navier-Stokes and magnetic induction equations. The system of equations consists of convection and diffusion terms which makes it very hard to solve analytically. Theoretical solutions are available only for some special cases in simple regions (Shercliff, 1956; Todd, 1968; Dragoş, 1975). Therefore, numerical methods are required to obtain approximate solutions especially for convection dominated problems and in complicated regions.

Finite difference (Krasnov et al., 2011), finite element (Gao and Qiu, 2019), finite volume (Vantieghem et al., 2009) and boundary element methods (Hosseinzadeh et al., 2013; Han Aydın and Tezer-Sezgin, 2014) are mostly used numerical techniques for the solutions of MHD equations. In boundary element method, only the boundary is discretized and arbitrary interior nodes are taken to depict the flow behavior. This property of the method reduces the memory requirement and the computational time.

In most of the MHD studies, good wettability at the solid-fluid interface is assumed and the no-slip boundary condition is applied. However, in microfluidics, flow over hydrophobic surfaces and in thin film flows slip behavior is more typical. The slip boundary condition is first proposed by Navier, in terms of the linear dependence on the shear stress (Rao and Rajagopal, 1999).

In this paper, the influence of the slip on the fully developed MHD flow in a circular duct having non uniform induced magnetic field boundary conditions is investigated. The coupled system of MHD equations defining the problem on the 2D cross-section of the duct (circular cavity) are discretized by the DRBEM. All terms other than Laplacian are treated as inhomogeneity and the convection terms are approximated by the DRBEM coordinate matrix. The resultant matrix-vector equation is solved at once without proposing any iteration. To the best of author's knowledge this is the first DRBEM solution to

MHD flow in a circular cavity with partly conducting slipping walls. It is observed that, the DRBEM is capable of capturing variations in the flow with influences of the slip and the conducting section on the wall.

2. MATHEMATICAL MODEL

A fully developed, steady flow of an electrically conducting, incompressible fluid is considered in a long circular duct with thin walls. The flow is subjected to a horizontally applied external magnetic field $\overrightarrow{B_0} = B_0\overrightarrow{e_x}$. The boundary of the duct is slipping and there exists a conducting section of length $2l$ located symmetric to the x-axis on the left wall. Other parts of the boundary are insulated. Being a fully developed flow, velocity $\vec{V} = (0,0,V(x,y))$ and induced magnetic field $\vec{B} = (B_0,0,B(x,y))$ have variations on the 2D circular cross-section of the duct. The physical problem is modeled by the third components of the Navier-Stokes and the induced magnetic field equations in the circular cavity Ω. Non-dimensional form of equations are given by (Dragoş, 1975).

$$\nabla^2 V + Ha\frac{\partial B}{\partial x} = -1 \tag{1}$$

$$\nabla^2 B + Ha\frac{\partial V}{\partial x} = 0 \tag{2}$$

where the parameter Ha is the Hartmann number relating the strength of the applied magnetic field and fluid properties $Ha = B_0 R\sqrt{\sigma/\rho\upsilon}$. Here, σ, ρ and υ are electrical conductivity, density and kinematic viscosity of the fluid, respectively. R is the radius of the duct. In case of a simple unidirectional flow, the slipping velocity U_s can be written in terms of the dimensional slip length L_s and the tangential stress as $U_s = L_s dU/dn$ where $\vec{n}$ is the unit outward normal to the boundary (Smolentsev, 2009). Thus, boundary conditions for the velocity and the induced magnetic field on the thin boundary Γ of the circular cavity are

$$V + \alpha\frac{\partial V}{\partial n} = 0 \quad on \quad \Gamma = \Gamma_c \cup \Gamma_i \tag{3}$$

$$\frac{\partial B}{\partial n} = 0 \quad on \quad \Gamma_c \quad and \quad B = 0 \; on \; \Gamma_i \tag{4}$$

$\alpha = L_s/R$ being the dimensionless slip length, Γ_c and Γ_i are the conducting and insulated sections, respectively. Figure 1 displays the flow configuration and the boundary conditions in detail.

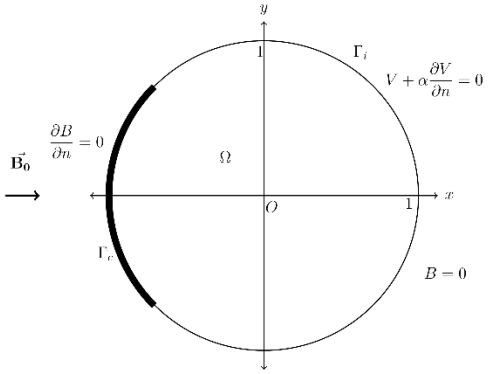


Figure 1. Problem domain and boundary conditions.

3. APPLICATION OF THE DRBEM

The idea of the DRBEM is to transform the partial differential equations into boundary integral equations and reduce the dimension of the problem. For the application of the method, all the terms other than diffusion in Eqs. (1) and (2) are treated as inhomogeneity. Then, equations are weighted by the fundamental solution of the Laplace equation $u^* = (1/2\pi)ln(1/r)$ (Partridge et al., 1992). Applying Green's first identity two times results in corresponding boundary integral equations

$$c_i V_i + \int_\Gamma V \frac{\partial u^*}{\partial n} d\Gamma - \int_\Gamma \frac{\partial V}{\partial n} u^* d\Gamma = -\int_\Omega -\left(1 + Ha\frac{\partial B}{\partial x}\right) u^* d\Omega = -\int_\Omega b_V u^* d\Omega \quad (5)$$

$$c_i B_i + \int_\Gamma B \frac{\partial u^*}{\partial n} d\Gamma - \int_\Gamma \frac{\partial B}{\partial n} u^* d\Gamma = -\int_\Omega -\left(Ha\frac{\partial V}{\partial x}\right) u^* d\Omega = -\int_\Omega b_B u^* d\Omega \quad (6)$$

where $c_i = \theta/2\pi$ and θ is the internal angle at the source point i measured in radians. If the boundary source point is on the smooth part of the boundary then $c_i = 1/2$ and for the interior nodes $c_i = 1$.
In order to eliminate boundary integrals on the right-hand side, inhomogeneities b_V and b_B are approximated by linear radial basis functions $f_j(r_i) = 1 + r_{ij}$ where r_{ij} denotes the distance between the source i and the field point j. Radial basis functions are connected to the particular solutions $\hat{u}_{ij}$'s with $\nabla^2 \hat{u}_{ij} = f_j$ (Partridge et al., 1992). Then, using the collocation technique one obtains

$$b_V = \sum_{j=1}^{N+L} \alpha_j f_j = \sum_{j=1}^{N+L} \alpha_j \nabla^2 \hat{u}_{ij} \qquad b_B = \sum_{j=1}^{N+L} \beta_j f_j = \sum_{j=1}^{N+L} \beta_j \nabla^2 \hat{u}_{ij}\,. \quad (7)$$

with α_j and β_j being undetermined coefficients. N and L in Eq. (7) are numbers of boundary and interior nodes, respectively.

Having Laplace terms, Green's first identity is also applied to the right-hand side of Eqs. (5) and (6) and the boundary of the circular cavity is discretized by constant elements to get corresponding boundary integral equations

$$c_i V_i + \sum_{k=1}^{N} \int_{\Gamma_k} V \frac{\partial u^*}{\partial n} d\Gamma_k - \sum_{k=1}^{N} \int_{\Gamma_k} \frac{\partial V}{\partial n} u^* \, d\Gamma_k = \sum_{j=1}^{N+L} \alpha_j (c_i \hat{u}_{ij} + \sum_{k=1}^{N} \int_{\Gamma_k} \hat{u}_j \frac{\partial u^*}{\partial n} d\Gamma_k - \sum_{k=1}^{N} \int_{\Gamma_k} \frac{\partial \hat{u}_j}{\partial n} u^* \, d\Gamma_k) \quad (8)$$

$$c_i B_i + \sum_{k=1}^{N} \int_{\Gamma_k} B \frac{\partial u^*}{\partial n} d\Gamma_k - \sum_{k=1}^{N} \int_{\Gamma_k} \frac{\partial B}{\partial n} u^* \, d\Gamma_k = \sum_{j=1}^{N+L} \beta_j (c_i \hat{u}_{ij} + \sum_{k=1}^{N} \int_{\Gamma_k} \hat{u}_j \frac{\partial u^*}{\partial n} d\Gamma_k - \sum_{k=1}^{N} \int_{\Gamma_k} \frac{\partial \hat{u}_j}{\partial n} u^* \, d\Gamma_k) \quad (9)$$

Undetermined coefficients α and β are evaluated from Eq. (7) as

$$\alpha = \boldsymbol{F}^{-1} b_V, \qquad \beta = \boldsymbol{F}^{-1} b_B \quad (10)$$

where $\boldsymbol{F}$ is called the DRBEM coordinate matrix, constructed by taking radial basis functions f_j's as columns. Writing Eqs. (8) and (9) for all boundary and interior nodes and using Eq. (10) one gets $(N+L) \times (N+L)$ sized DRBEM matrix-vector equations

$$\boldsymbol{H}V - \boldsymbol{G}\frac{\partial V}{\partial n} = -(\boldsymbol{H}\hat{\boldsymbol{U}} - \boldsymbol{G}\hat{\boldsymbol{Q}})\boldsymbol{F}^{-1}\left[1 + Ha\frac{\partial B}{\partial x}\right] \quad (11)$$

$$\boldsymbol{H}B - \boldsymbol{G}\frac{\partial B}{\partial n} = -(\boldsymbol{H}\hat{\boldsymbol{U}} - \boldsymbol{G}\hat{\boldsymbol{Q}})\boldsymbol{F}^{-1}\left[Ha\frac{\partial V}{\partial x}\right]. \quad (12)$$

Entries of matrices are

$$\boldsymbol{H}_{ik} = c_i \delta_{ik} + \int_{\Gamma_k} \frac{\partial u^*}{\partial n} d\Gamma_k, \qquad \boldsymbol{G}_{ik} = \int_{\Gamma_k} u^* d\Gamma_k, \qquad \boldsymbol{G}_{ii} = \frac{m}{2\pi}(\ln\left(\frac{2}{m}\right) + 1) \quad (13)$$

m being the length of the element. Entries of matrices $\hat{\boldsymbol{U}}$ and $\hat{\boldsymbol{Q}}$ are constructed by writing $\hat{u}_j$ and $\partial\hat{u}_j/\partial n$ as columns, respectively. The convection terms on the right-hand sides of Eqs. (11) and (12) are approximated by using the DRBEM coordinate matrix $\boldsymbol{F}$ as

$$\frac{\partial V}{\partial x} = \frac{\partial \boldsymbol{F}}{\partial x}\boldsymbol{F}^{-1}V, \quad \frac{\partial B}{\partial x} = \frac{\partial \boldsymbol{F}}{\partial x}\boldsymbol{F}^{-1}B. \tag{14}$$

System of DRBEM matrix-vector equations (11) and (12) are combined and rearranged to sum similar terms. After the insertion of mixed type boundary condition for the slip velocity and Dirichlet or Neumann type boundary conditions for the induced magnetic field, all unknown nodal values are collected on the left-hand side to get a linear system $\boldsymbol{A}x = b$. The coefficient matrix is full, having lots of scattered zeros thus, Gaussian elimination with partial pivoting is applied to find the solution.

4. NUMERICAL RESULTS

Effects of the slip, conducting section length and the external magnetic field strength are investigated for various combinations of α, l and Ha. The number of boundary elements is increased according to the Ha due to the convection dominance of the MHD equations. At most N=140 number of boundary elements are used. In order to visualize sudden flow changes, more elements are taken on the conducting section. The proposed numerical scheme is first validated by the numerical solution of the MHD flow in a circular cavity with no-slip, insulated walls. Figure 2 presents the numerical results.

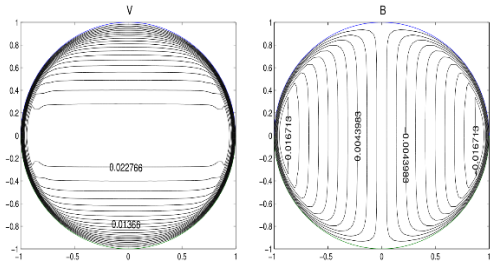


Figure 2. Velocity and induced magnetic field isolines for α=0, $Ha = 50$ and $l = 0$.

In the absence of the slip and the conducting section, the fluid flows in terms of one vortex forming boundary layers. The boundary layers in the vicinity of the duct wall where the boundary normal is perpendicular to the applied magnetic field are called Robert layers and other boundary layers are called Hartmann layers (Roberts, 1967). The central region where the flow is uniform is called the core. The current circulation within the flow consists of two counter closed loops aligned perpendicular to the applied magnetic field. These behaviors are in very well agreement with the ones in (Zikanov et al, 2014).

In the presence of the conducting section, velocity and induced magnetic field behaviors for various α, Ha and l are graphed in Figure 3. When Ha=10, α=0 and $l = 0.3$ the core region is shifted to the right and a flow retardation is observed in front of the conducting section. The left current loop bends through the conducting section obeying the $\partial B/\partial n = 0$ condition and enlarges through the center of the duct. When Ha is increased (Figure 3(a)) Hartmann layers and Robert layers thicknesses decrease, flow decelerates and induced magnetic field decreases in magnitude. With the effect of the conducting section, the flow tends to separate from the conductivity change points on the wall, forming parabolic layers. Maximum velocities occur near the conducting section and the center of the duct is almost stagnant. The induced magnetic field show a parabolic profile especially around the x-axis and boundary layers are observed. The right current loop is squeezed through the duct wall and weakened.

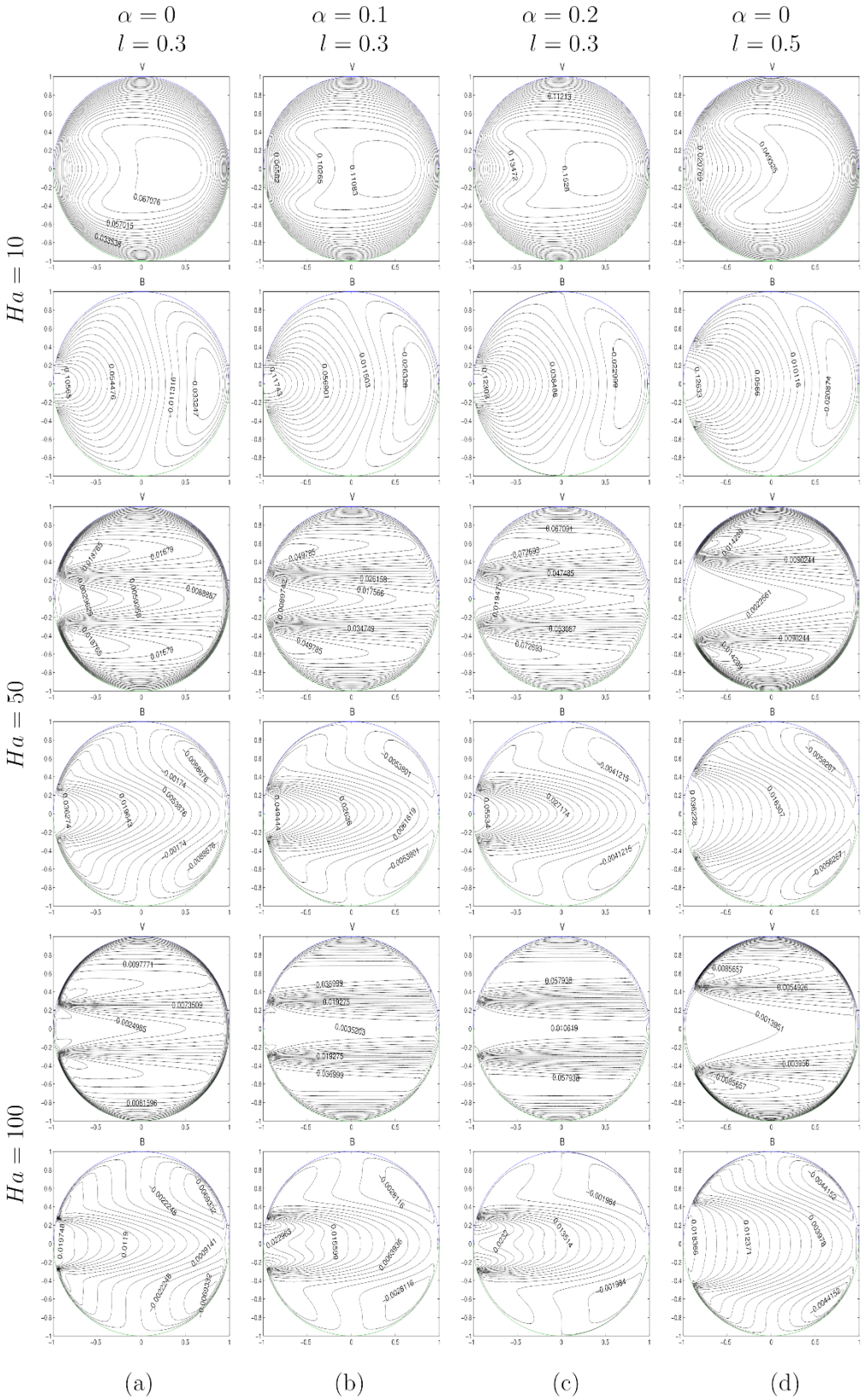


Figure 3. Velocity and induced magnetic field isolines for various Ha, α and l values.

The influence of the slip at the wall is visualized in Figure 3 (a), (b), (c) and Figure 4. As the slip length α advances, the flow accelerates and the Robert layers' thicknesses decrease especially for high Hartmann numbers. A strong slip is observed particularly near the conducting section and as Ha increases, slip is more effective around the top and bottom of the cavity (Figure 4). When $Ha \geq 50$, the

slip at the wall destroys boundary layers and enlarges core regions. Induced magnetic field isolines, in front of the conducting section, squeeze through the x-axis leaving the rest of the cavity electrically motionless.

When the conducting section length is increased (comparing Figures 3 (a) and (d)), velocities decrease and central flow regions are enlarged for all Ha ranges. Left current loops expand through the right wall.

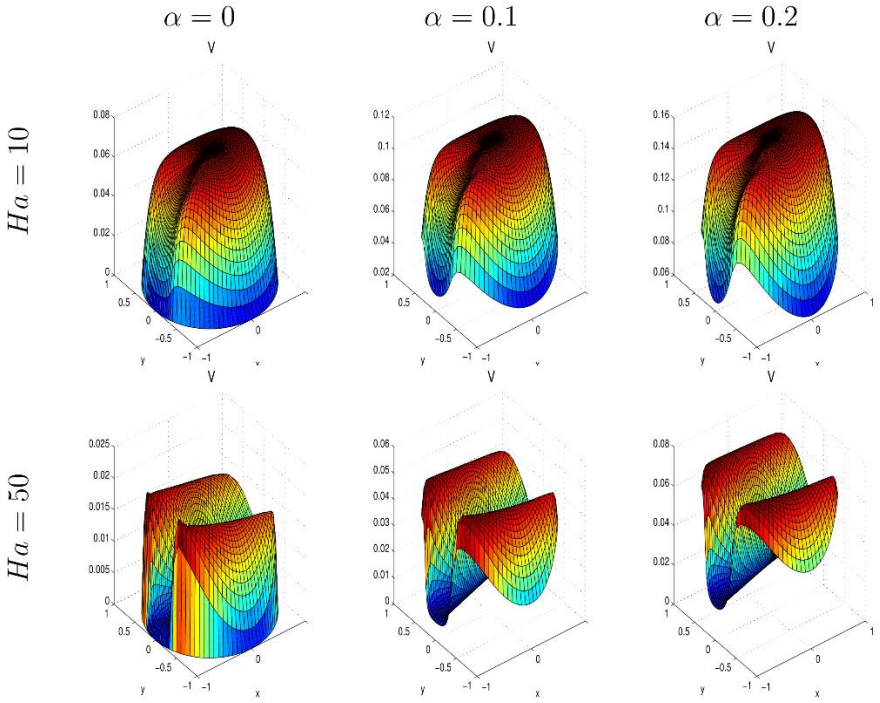


Figure 4. Velocity profiles for $l = 0.3$ and various Ha and α.

Figure 5 presents flow behaviors when $Ha = 10$ for various α and l values. The slip at the wall enlarges left current loops through the right wall and increase the effect of the conducting section on the flow. When $Ha = 10$ and l is increased, boundary layer thicknesses above and below the conducting section decrease and the core region tends to be separated into two parts, the wall slip enhances this effect.

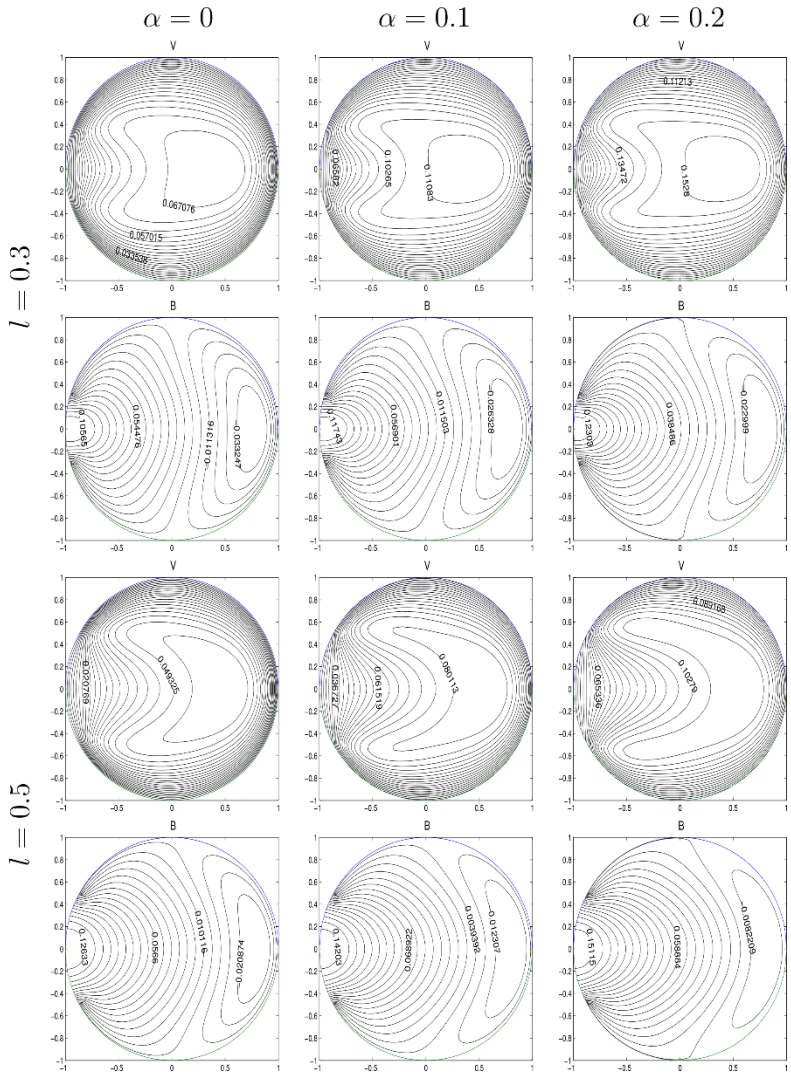


Figure 5. Velocity and induced magnetic field isolines for $Ha = 10$.

4. DISCUSSION

Numerical results show the flow retardation in front of the conducting section. An increase in the Hartmann number, decelerates the flow and decreases boundary layers' thicknesses. When $Ha \geq 50$, the flow is separated from the conductivity change points, forming parabolic layers and a stagnant region is developed around the x-axis. The magnetic field isolines, close to the conducting section, bends to the left wall and enlarge through the center of the duct as Hartmann number increases. The slip on the wall is mainly observed near the conductivity change points. For high Hartmann numbers, slip is also effective on the top and the bottom of the cavity. Increasing the slip length, accelerates the flow and diminishes boundary layers. Induced field isolines squeeze through the x-axis and leave the rest of the duct electrically motionless for $Ha \geq 50$. The wall slip, increase the effect of the conducting section on the flow. For small Ha, when conducting section length is advanced, boundary layer thicknesses above and below the conducting section decrease and the wall slip enhances this effect. The proposed numerical scheme is capable of capturing the flow and the induced magnetic field variations in the cavity with less computational cost comparing with domain discretization type methods. The study show that, a conducting section on the wall can be used to control the flow in ducts with slipping walls. DRBEM, may be used to investigate influences of multiple conducting sections on the MHD slip flow in a circular duct.

5. CONCLUSION

In this study, a fully developed, MHD flow in a circular duct is investigated in the existence of slip and a conducting section on the wall. The problem is modeled in terms of coupled MHD equations in the 2D cross-section of the duct. Convection-diffusion type governing equations are discretized by the DRBEM using constant elements and the resultant matrix-vector equation is solved in one stroke after inserting boundary conditions. It is observed that, when $Ha \geq 50$, flow is separated into two symmetric regions and a stagnant region is developed in front of the conducting section. Induced magnetic field lines squeeze through the x-axis and leave the rest of the cavity almost electrically motionless as the slip length increases. The wall slip is significant near the conductivity change points. For $Ha = 10$, boundary layers thicknesses near the conducting section decrease and the wall slip enhances this effect. The DRBEM is a computationally efficient method in numerical solutions for MHD equations in circular cavities with mixed type slip and Dirichlet or Neumann type induced magnetic field boundary conditions.

REFERENCES

Dragoş L. 1975. Magnetofluid Dynamics. England:Abacus Press, 478 pp.

Gao H., Qiu W. 2019. A semi-implicit energy conserving finite element method for the dynamical incompressible magnetohydrodynamics equations. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering 346, 982-1001.

Han Aydın S., Tezer-Sezgin M., 2014. A DRBEM solution for MHD pipe flow in a conducting medium. Journal of Computational and Applied Mathematics 259(B), 720-729.

Hosseinzadeh H., Dehghan M., Mirzaei D. 2013. The boundary elements method for magneto-hydrodynamic (MHD) channel flows at high Hartmann numbers. Applied Mathematical Modelling 37, 2337-2351.

Krasnov D., Zikanov O., Boeck T. 2011. Comparative study of finite difference approaches in simulation of magnetohydrodynamic turbulence at low Reynolds number. Computers & Fluids 50, 46-59.

Partridge PW., Brebbia CA., Wrobel LC. 1992. The Dual Reciprocity Boundary Element Method. England:Computational Mechanics Publications, 276 pp.

Rao IJ., Rajagopal KR. 1999. The effect of the slip boundary condition on the flow of fluids in a channel. Acta Mechanica, 135, 113-126.

Roberts PH. 1967. Singularities of Hartmann layers In: Proceedings of the Royal Society A 300 (1460), pp. 94-107.

Shercliff JA. 1956. The flow of conducting fluids in circular pipes under transverse magnetic fields. Journal of Fluid Mechanics 1 (6), 644-666.

Smolentsev S. 2009. MHD duct flows with hydrodynamic ‘slip’ condition. Theoretical and Computational Fluid Dynamics 23, 557-570.

Todd L. 1968. Magnetohydrodynamic flow along cylindrical pipes under non-uniform transverse magnetic fields. Journal of Fluid Mechanics 31, 321-342.

Vantieghem S., Alberts-Chico X., Knaepen B. 2009. The velocity profile of laminar flows in circular conducting pipes. Theoretical and Computational Fluid Dynamics 2, 525-533.

Zikanov O., Krasnov D., Boeck T., Thess A., Rossi M. 2014. Laminar-turbulent transition in magnetohydrodynamic duct, pipe and channel flows. Applied Mechanics Reviews 66, 0308802-1-17.

BOLU İLİNDE ALABALIK ÜRETİM TESİSLERİNDE YAYGIN OLARAK GÖRÜLEN HASTALIKLAR VE BU HASTALIKLARA KARŞI KULLANILAN İLAÇLAR

Nurullah ÖZTÜRK
Kocaeli Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü/Su Ürünleri ABD
nurullah14@gmail.com

Hamdi AYDIN
Kocaeli Üniversitesi/Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi/Su Ürünleri Programı
aydin@kocaeli.edu.tr

Özet
Bu çalışmada, Bolu ilinde gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) üretimi yapan işletmelerde yaygın olarak görülen hastalıklar ve bu hastalıklara karşı kullanılan ilaç ve dezenfektanlar araştırılmıştır. Bolu ilinde projesi onaylanmış 29 alabalık üretim tesisi vardır ve bu işletmelerin toplam yıllık üretim kapasiteleri 284.200 kg iken yavru üretim kapasiteleri de yıllık 2.083.800 adettir. İşletmelerden sadece 1 tanesi toprak havuzlarda üretim yaparken diğer tesislerin tamamı beton havuzlarda üretim yapmaktadır. Tesislerden bir tanesi kapalı devre üretim sistemi ile üretim yaparken diğer tesislerin tamamı akarsu sisteminde üretim yapmaktadır. Yine tesislerden sadece bir tanesi yavru balık üretimi yaparken, iki tanesi sadece porsiyon boy alabalık, diğer 29 üretim tesisinde hem porsiyon boy alabalık hem de yavru alabalık üretimi yapılmaktadır. Tesislerde genelde ülkemizdeki birçok üretim tesisinde görülen bakteriyel enfeksiyonlara rastlanırken olumsuz çevre şartlarından kaynaklanan hastalıklarında yaygın olarak görüldüğü tespit edilmiştir. Bakteriyel hastalıklara karşı antibiyotiklerin kullanıldığı ve diğer kimyasalların başında ise formaldehit ve tuz olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Alabalık üretimi, ilaç ve kimyasallar, Bolu İli

COMMON DISEASES IN TROUT PRODUCTION FARMS IN BOLU PROVINCE AND MEDICINES USED AGAINST THESE DISEASES

Abstract
In this study, common diseases seen in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) farms in Bolu province and the drugs and disinfectants used against these diseases were investigated. There are 29 trout farms in Bolu province, whose project has been approved, and the total annual production capacity of these farms is 284,200 kg and their fry production capacities are 2,083,800 per year. While only one of the farms produced in earthen pond, all other farms produce in concrete ponds. One of the farms produces with a closed recirculation aquaculture system. Again, only one of the farms produces fry fish, two of them only produce portion-size trout, while the other 26 farms produce both portion-size trout and fry. While bacterial infections, which are generally seen in many production farms in our country, are encountered in the facilities, it has been found that they are common in diseases caused by adverse environmental conditions. It has been determined that antibiotics are used against bacterial diseases and formaldehyde and salt are the leading chemicals.

Keywords: Trout production, fish diseases, drugs and disinfectants, Bolu Province

1.GİRİŞ

Gıda değeri açısından hayvansal besinlerin insanların beslenmesinde önemi büyüktür. Su ürünleri, iyi bir protein kaynağı olması yanında, A, D, B ve K vitaminleri ile kalsiyum, fosfor ve birçok zengin mineralleri ihtiva etmektedir. Bu gıdalar içerisinde **balık**; zengin protein içeriği ve yapısında bulunan çoklu doymamış yağ asitleri ile vücudun temel besin maddesi ihtiyacını karşılamakta, insan fizyolojisi ve metabolik fonksiyonları üzerinde olumlu etki yapması yönüyle sağlıklı bir yaşam sürdürmede önemli besin maddeleri arasında ilk sıralarda yer almaktadır.

Dünya toplam su ürünleri üretimine yıllar itibarıyla bakıldığında avlanan su ürünleri miktarında dalgalanmalar varken, yetiştiricilik üretiminin yıllar içinde daha fazla arttığı görülmektedir. Dünya su ürünleri üretimi 2018 yılında 178,5 milyon ton olarak gerçekleşmiş; bu üretimin 96,4 milyon tonu (%54) avcılıktan, 82,1 milyon tonu (%46) yetiştiricilikten elde edilmiştir. (BSGM 2020)

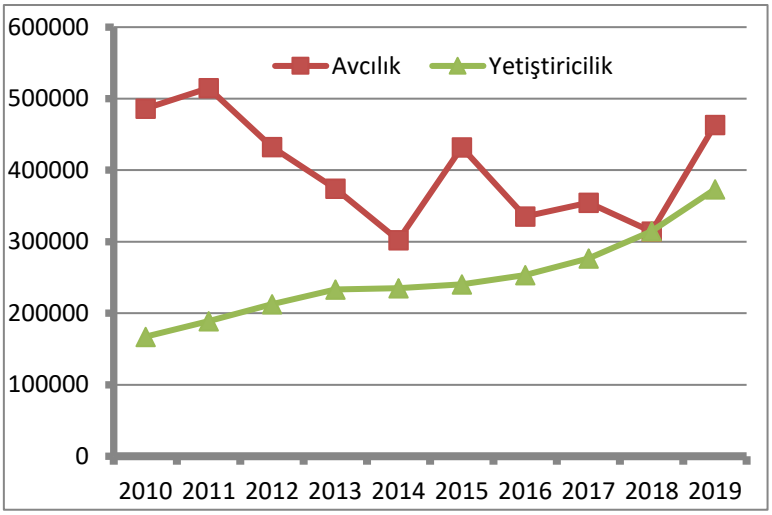
Yapılan bilimsel araştırmalara göre, önümüzdeki yıllarda su ürünlerine olan yatırımın daha da genişleyerek artacağı, 2030 yılında yetiştiricilik yoluyla elde edilen su ürünleri miktarının avcılıkla elde edilen su ürünleri miktarına eşit olacağı ve uzun vadede yetiştiricilik sektörünün avcılık sektörünü geçeceği tahmin edilmektedir(FAO 2018). Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de üretim ve ticaret boyutuyla su ürünleri sektörü her geçen gün gelişmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK,2020) verilerine göre; Türkiye'nin yıllık su ürünleri üretimi, avcılık üretimindeki dalgalanmanın etkisiyle yıllara göre değişmekte olup, 2010-2019 yılları arasında su kaynaklarından yıllık 537-836 bin ton arasında su ürünleri üretilmiştir. Dünya üretimine benzer şekilde; Türkiye'nin su ürünleri yetiştiricilik üretimi artmaya devam etmekte ve toplam üretim içerisinde yetiştiriciliğin payı yükselmektedir. Su ürünleri üretimi 2019 yılında 836.524 ton olarak gerçekleşmiştir.. Avcılıkla yapılan üretim 463.168 ton olurken, yetiştiricilik üretimi ise 373.356 ton olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2020).Yetiştiricilik üretiminin gelecekte de artmaya devam edeceği ve toplam üretim içerisindeki payının yükseleceği beklenmektedir.

Balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliği, birincil üretim faaliyeti olarak dünyada yaklaşık 54,8 milyon insanın geçim kaynağını oluşturmaktadır. Birincil üretim sektörüne ilave olarak işleme, paketleme, pazarlama, dağıtım, işleme makineleri imalatı, ağ imalatı, buz üretim ve tedariki, gemi yapım ve bakımı faaliyetleri ile araştırmacılar ve aileler düşünüldüğünde toplamda dünyada yaklaşık 660-820 milyon insanın geçimi bu sektörden sağlanmaktadır (Anonim, 2014).

Tablo 1.Türkiye Su Ürünleri Üretimi (TUİK, 2020)

	Avcılık (ton)			**Yetiştiricilik (ton)**			**Toplam (**ton)
Yıl	**Deniz**	**İçsu**	**Toplam**	**Deniz**	**İç Su**	**Toplam**	
2010	445.680	40.259	**485.939**	88.573	78.568	**167.141**	**653.080**
2011	477.658	37.097	**514.755**	88.344	100.446	**188.790**	**703.545**
2012	396.322	36.120	**432.442**	100.853	111.557	**212.410**	**644.852**
2013	339.047	35.074	**374.121**	110.375	123.019	**233.394**	**607.515**
2014	266.078	36.134	**302.212**	126.894	108.239	**235.133**	**537.345**
2015	397.731	34.176	**431.907**	138.879	101.455	**240.334**	**672.241**
2016	301.464	33.856	**335.320**	151.794	101.601	**253.395**	**588.715**
2017	322.173	32.145	**354.318**	172.492	104.010	**276.502**	**630.820**
2018	283.955	30.139	**314.094**	209.370	105.167	**314.537**	**626.631**
2019	431.572	31.596	**463.168**	258.930	116.426	**373.356**	**836.524**

Türkiye'de 1970'li yıllarda alabalık ve sazan yetiştiriciliği ile başlayan su ürünleri yetiştiriciliği, 1980'li yıllardan itibaren Ege ve Akdeniz'de çipura ve levrek, 1990'lı yıllarda Karadeniz'de kafeslerde somon ve alabalık yetiştiriciliği, 2000'li yıların başında Ege ve Akdeniz'de orkinos yetiştiriciliğinin (semirtme) başlaması ile gelişmesini devam ettirmiştir. Günümüzde iç sularda alabalık, sazan, mersin balığı ve yayın balığı üretimi yapılırken denizler de ise ağırlıklı olarak levrek ve çipuranın yanı sıra yeni türler olarak minekop, sarıağız, trança, midye ve orkinos yetiştiriciliği yapılmaktadır (Aydın, 2018). 2010 yılında 485.939 ton olan toplam su ürünleri avcılık miktarı 2019 yılında 463.168 ton olarak gerçekleşirken, 2010 yılında 167.141 ton olan yetiştiricilik üretimi 2019 yılında 373.356 tona kadar yükselmiştir **(Tablo 1, Şekil 1).** Bu üretim hızı ile de yakın bir gelecekte yıllık üretimin 500.000 tonun üzerine çıkarılması hedeflenmektedir.



Şekil 1. Türkiye Su Ürünleri Üretimi (Ton)

Ülkemizde kültür balıkçılığı sektörü son yıllarda hızlı bir gelişme göstererek 2019 yılında 373.356 ton olarak gerçekleşmiş olup, bunun 123.573 ton' u alabalık yetiştiriciliğinden elde edilmiştir. Üretimdeki büyüme daha çok iç pazara yapılan satışlar doğrultusunda ve pazarın gelişmesi ile aynı yönde gerçekleşmiştir. Bolu ilinde alabalık üretimi ülkemizdeki diğer illerle kıyaslandığında çok düşük seviyelerdedir ve son yıllarda üretim miktarında azalmalar görülmektedir. Eğer ildeki su kaynakları iyi değerlendirilip, mevcut tesisler modernize edilerek üreticilerin problemleri çözüldüğü takdirde üretimin arttırılması mümkündür.

Tablo 2. Bolu İlinde Yıllara Göre Alabalık Üretim Miktarları(TUİK, 2020)

Yıllar	Üretim (Ton)
2006	550
2007	402
2008	407
2009	336
2010	250
2011	250
2012	617
2013	559
2014	201
2015	172
2016	134
2017	112
2018	118
2019	109

Yetiştiriciliğin önemli bir birimi olan işletmelerde karşılaşılan önemli sorunların başında balık hastalıkları gelmektedir. Bu yüzden işletmelerdeki hastalıkların ve tedavi yöntemlerinin çok iyi bilinmesi ekonomik yetiştiricilik için önem arz etmektedir. Kültür balıkçılığının gelişmesi beraberinde bazı sorunların da ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Bu sorunların başında çeşitli hastalıklar; çevreye zarar vermeyen ve sürdürülebilir sağlıklı balık üretimi ile bilinçli ilaç (kimyasal) kullanımı gelmektedir. Ayrıca sektörün organize olması, işletme yönetimi, pazarlama ve ürünün sağlıklı bir şekilde tüketiciye sunulması gibi çözümlenmesi gereken sorunlar da bulunmaktadır. Hastalık problemlerinin artması beraberinde hastalıklara çözüm bulma, teşhis ve tedavi hizmetlerine olan talebin artışını da gündeme getirmiştir. İşletmelerde oluşacak büyük kayıpların engellenmesinde veya minimuma indirilmesinde, hastalıklara karşı koruyucu önlemlerin alınması ve üretimde devamlılığının sağlanması büyük önem taşımaktadır. Bölgemizde yetiştiricilik yoluyla üretilen balık türlerine bakıldığında gökkuşağı alabalığı

(*Oncorhynchus mykiss*) üretimi başta gelmektedir. Bolu bir iç şehir olması sebebiyle balık gereksinimini iç su yetiştiriciliğinden sağlamaktadır. Bu çalışmada Bolu İlinde gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliği yapan tesislerin karşılaştıkları balık hastalıkları, bu hastalıkların tedavisinde yaygın olarak kullandıkları ilaç ve kimyasalların belirlenmesi kullanım şekilleri ve miktarlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Yapılan araştırmada Bolu İlinde daha önceden böyle bir çalışma yapılmadığı anlaşılmıştır ve yapılacak olan bu çalışmanın bölgedeki işletmelerde yaygın olarak görülen hastalıkların ve bu hastalıklara karşı kullanılan ilaç ve kimyasalların belirlenmesi konusunda bir kılavuz olması hedeflenmektedir.

Tablo 3. Bolu ili ve ilçelerindeki alabalık tesisleri ve kapasiteleri

Yeri	İşletme Sayısı	Üterim Kapasitesi (Ton/yıl)	Yavru Üretim Kapasitesi (Adet/yıl)
Merkez	14	75,9	-
Mudurnu	11	159,2	705.000
Göynük	3	35	-
Mengen	1	29,5	-
TOPLAM	**29**	**159,2**	**705.000**

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada araştırma materyalini Bolu ilinde Gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliği yapan mevcut işletmelerden elde edilen verilerdir. Bolu ilinde projesi onaylanmış 29 alabalık üretim tesisi vardır ve bu işletmelerden 10 tanesi seçilerek daha önceden hazırlanmış anket formları işletme sahibi, teknik personel ve işletme yetkilisi kişilerle görüşülerek doldurulmuştur. Bu işletmelerin yapısal ve biyoteknik özellikleri yönünden araştırılmasına ilişkin sorular ayrıntılı bir şekilde hazırlanan anket formlarında belirtilmiştir. Bu işletmelerde yetiştirilen balıklarda hangi hastalıkların görüldüğü, yaygın olanların hangileri olduğu, hastalıkların nasıl teşhis ve tedavi edildiği, kullanılan ilaç ve kimyasalların neler olduğu ve nerelerden temin edildiği gibi sorular sorulmuştur.

3. BULGULAR

Bolu ilinde bulunan 29 alabalık tesisinden 10 tanesine gidilerek üreticilerle işletmelerde görülen hastalıklar ve tedavilerinde kullandıkları ilaçlar konusunda daha evvel hazırlanan anket formları doldurulmuştur. Elde edilen bu veriler doğrultusunda incelenen tesislerde yaygın olarak görülen hastalıklar aşağıda belirtilmiştir.

1. **Yersinia Hastalığı (Kızılağız Hastalığı):** Yersiniosis, genç gökkuşağı alabalıklarında görülen akut ve kronik seyirli bir enfeksiyondur. Etkeni *Yersinia ruckeri* ‘dir. Ağız etrafında ve içinde oluşan kanlanma en tipik belirtisidir. Gökkuşağı alabalıklarının bulaşıcı bir hastalığıdır. Zamanında önlem alınmadığı zaman ciddi kayıplara sebep olmaktadır.

2. **Bakteriyel Solungaç Hastalığı**: Bakteriyel solungaç hastalığı salmonidlerde, sazan ve yılan balığında balıklarında solungaçların konjesyonu ile ortaya çıkan bulaşıcı ve öldürücü bir enfeksiyondur. Kirli sular, fazla toz içeren başlangıç yemleri, kalabalık havuzlar ve su sıcaklığının yükseldiği durumlarda ortaya çıkmaktadır. Zamanında tedavi edilmez ise ciddi kayıplara neden olmaktadır.

3. **Beyaz Benek Hastalığı**: Beyaz benek hastalığının etkeni Ciliaten parazit ailesine ait bir

Ichthyophthirius multifiliis' dir. Hastalığın belirtileri balığın vücudunda (deri üzerinde) oluşan yayılmış beyaz noktacıklar ve deri yüzeyindeki mukozanın mat bir renk almasıdır.

4. ***Trichodina ssp* Paraziti:** *Trichodina* spp türleri genellikle 50-100 µm boyda olup, solungaç, deri ve yüzgeçler üzerinde görülmektedir. Deri üzerinde benekler halinde görülebildiği gibi benekler deriyi tamamen kaplayabilirler (Balta, 2016).

5. **Etkeni Bilinmeyen Hastalıklar**: Birçok işletmede balıkların renk değiştirmesi, siyahlaşması yem almama ve ölümlerin meydana gelmesi ile etkeni bilinmeyen bakteriyel bir hastalık olasılığından şüphelenilen hastalıklardır. Balıklarda yukarıdaki semptomlarla beliren problemler, çoğunlukla balıklarda genel bakteriyel bir hastalık olarak adlandırılmaktadır.

Bolu ilindeki incelenen alabalık üretim tesislerinde kullanılan ilaç ve dezenfektanlar ise şunlardır. Bu ilaçların ihtiyaç duyulduğunda temin edilmeye çalışıldığı, çok az işletmede olası hastalıklara karşı bazı ilaç ve kimyasalların hazır bulundurulduğu görülmüştür.

1. **Simflor 50 Aqua Oral Toz:** Tatlı(alabalık) su balıklarında hastalık etkeni olan gram (+) pozitif ve gram(-) negatif bakteriler üzerinde etkilidir.

2. **Diatri-Aqua Oral Toz:** Balıklarda duyarlı bakteriler tarafından meydana gelen enfeksiyonların tedavisi amacıyla kullanılır.

3. **Chloramine-T:** Balıklarda solungaç hastalıklarını önlemek ve/veya bu hastalıklardan korunmak için kullanılan bir kimyasaldır. Birçok balık türünde solungaçlarda oluşan bakteriyel hastalıklar Chloramin-T uygulanarak kontrol altına alınmaktadır. .(Arslan ve Özdemir, 2019)

4. **Mediflor:** Etken maddesi florfenikoldür. Solunum yolu hastalıklarının tedavisi amacı ile kullanılır.

5. **Bakır Sülfat ($CuSO_4$)**: Dezenfektan olarak kullanılmaktadır. Paraziter hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır.

6. **Formaldehit (Formalin, Formol):** Genelde dezenfektan ve anti paraziter ajan olarak, bakteriyel enfeksiyonların kontrolünde, viral ve fungal hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır.(Bayram ve Kocaman, 2017)

7. **Tuz (NaCL):** Genel dezenfektan maddesi olarak parazit ve mantar hastalıklarının tedavisinde, ucuz ve kolay bulunması nedeni ile yaygın olarak kullanılmaktadır.

4. Sonuçlar

Yaptığımız araştırma ve gözlemler sonucunda Bolu ilindeki işletmelerin büyük çoğunluğunda hastalıkların doğru olarak tespit edilemediği ve zamanında müdahale de edilemediği için ciddi kayıpların olduğu görülmüştür. İşletmelerin çoğunda yaygın olarak karşılaşılan hastalığın Yersiniosis Hastalığı olduğu tespit edilmiştir. Bu hastalıktan korunmak için en iyi yöntem aşılamadır. Aşı olarak, bakterinin öldürülmüş kültürü kullanılmaktadır. Aşılamadan sonra bağışıklık en erken 10 gün içerisinde oluşmaktadır. İşletmelerin büyük çoğunluğu bu hastalığı bilemediğinden hastalığa karşı da ne tür tedavi yöntemi uygulayacağını da bilememektedir. Hastalığın işletmeler arasında yayılmasında yumurta ve yavru alım satımının rol oynadığı tespit edilmiştir. Çoğu işletmede aşılama uygulaması yapılmadığından işletme sahipleri balıkların tedavisinde rastgele antibiyotik kullandıkları görülmüştür. Bazı işletmelerde çoğunlukla bu bölgede yaygın olan tavukçuluk sektöründe kullanılan antibiyotik ve kimyasalları balıklar üzerinde kullanıldığı tespit edilmiştir. İşletmelerde hastalığın tam olarak teşhisini yapacak teknik personel ile gerekli ekipmanın olmadığı görülmüştür. İşletme sahipleri teşhisi kendileri veya diğer işletmelerdeki arkadaşları vasıtasıyla rastgele koymaktadırlar. İşletmelerde her yıl görülen hastalıkların zamanı, hastalığın türü ve seyri ile ilgili kayıtların tutulmadığı görülmüştür. Bu nedenle işletmeler her

yıl belli zamanlarda tekrar eden hastalıklara karşı hazırlıksız yakalandıkları ve bunun sonucunda önemli miktarda balık kaybettikleri gözlemlenmiştir.

İncelenen işletmelerin sadece birinde Su Ürünleri Mühendisi çalışmaktadır ve işletme sahibi de kendisidir. Bölgedeki birçok işletme sahibi de karşılaştıkları hastalık ve problemin çözümünde bu Su ürünleri Mühendisine başvurmaktadır. Hastalıkların doğru teşhisi ve doğru tedavi yapılması için her işletmede bir Su Ürünleri Mühendisi veya Tekniker bulundurulması zorunlu olmalıdır. Bu şekilde balıkların sağlığı dolayısıyla da insan sağlığı korunmuş olacaktır.

Sonuç olarak; Bolu İlindeki alabalık üretim tesislerinin büyük çoğunluğu küçük kapasite ile üretim yapan aile işletmeleridir. Bolu İlinde bulunan alabalık üretim tesislerinin büyük çoğunluğunda Su Ürünleri Mühendisi veya Su Ürünleri Teknikeri bulunmamaktadır. Teknik personel bulunmayan işletmelerde hastalıkların doğru teşhis ve tedavileri yapılamamaktadır, İlde üreticilere hastalıkların teşhis ve tedavisinde yardımcı olacak resmi kurum veya kuruluş bulunmamaktadır. Hastalıklara karşı doğru ilaçlar kullanılmadığı gibi, kullanılan ilaç ve kimyasalların da doğru doz ve sürelerde kullanılmadığı tespit edilmiştir.

Kaynaklar

ANONİM, 2014. Su Ürünleri Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/10/10_SuUrunleri-1.pdf (Erişim Tarihi:25.11.2020)

ARSLAN, H., ÖZDEMİR, S. 2019, Gökkuşağı Alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*) Kloramin-T Uygulaması Sonucu Solungaçlarda Meydana Gelen Oksidatif Stresin Beyin Dokusundaki c-Fos ve BDNF Gen Ekspresyonu Üzerine Etkisinin Araştırılması

AYDIN, H. 2018, Bayburt İli Su Kaynaklarının Mevcut Durumu ve Su Ürünleri Üretiminin Geleceği. Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi. Cilt 1, Sayı 1, 67-71

BAYRAM, H. KOCAMAN, E.H. 2017,Gökkuşağı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'na Uygulanan Formaldehit Banyosunun Bazı Hematolojik Kan Parametreleri Üzerine Etkisi

BSGM, 2020. Tarım ve Orman Bakanlığı, Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü, Su Ürünleri İstatistikleri

FAO, 2018. Dünyada Balıkçılık Ve Su Ürünleri Yetiştiriciliğinin Durumu

TUİK, 2020. Alabalık Yetiştiricilik Miktarları, Türkiye İstatistik Kurumu

NODE MCU TABANLI WiFi AĞI VE 2G M2M VERİ HATTI KULLANARAK KALİBRASYON VERİ AKTARIM SİSTEMİNİN TASARIMI

Egemen Cumhur KALELİ
Pirelli Otomobil Lastikleri A.Ş.
egemen.kaleli@pirelli.com, ORCID ID: 0000-0003-3300-4721

Semih ÖNGİR
Pirelli Otomobil Lastikleri A.Ş.
semih.ongir@pirelli.com, ORCID ID: 0000-0003-4682-549X

Halil İbrahim AYDIN
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Mekatronik Mühendisliği Bölümü
halil.aydin.az@pirelli.com, ORCID ID*:* 0000-0001-5843-1629

Özet
Fabrikalarda üretilen ürünlerin belirli kalite standartlarında olması için gerçekleştirilmesi gereken faaliyetlerden birisi, üretim makinaları üzerindeki sensörlerin kalibrasyonudur. Sensörlere yapılan kalibrasyon işleminin ardından makinalar üzerine, üzerinde kalibrasyon tarihleri ve sensör kod bilgileri olan kağıt etiketler yapıştırılır. Böylelikle üretim prosesi ve makinalar hakkında bilgisi olmayan herhangi bir ilgili, sensörlerin kalibrasyon bilgilerini bu etiketlere bakarak görebilir. Bu etiket bilgilerinin bir kalibrasyon takip yazılımına (KTY) da bir kullanıcı tarafından girişi sağlanır. Fabrika üretim koşulları (buhar, nem, ısı,yağ) yüzünden bu etiketlerin okunabilirliği azalmakta ya da etiketler yerinden düşüp kaybolabilmektedir. Diğer taraftan etiket bilgilerinin KTY veritabanı ile uyumlu olması gerekmekte, fakat sensör adedinin fazlalığı sistem işlerliğinin bakımını zorlaştırmaktadır. Bu çalışmanın amacı bahsedilen sebeplerden dolayı daha etkili ve bakımı kolay bir kalibrasyon takip sistemi geliştirmektir. Yapılan bu çalışma ile kalibrasyon etiketleri insan-makine arayüzleri üzerinde gösterilerek dijitalleştirilmiş ve etiket bilgilerinin KTY ile uyumlu olması için KTY'nin çalıştığı bilgisayar ve bir GSM modülünden oluşan istasyondan (A noktası) üretim sahasında bulunan bir GSM modülüne (B noktası) M2M veri hattıyla bilgi aktarımı gerçekleştirilmiştir. Bu veri aktarımı için basit ve etkili bir tokalaşma mekanizması gerçekleştirilmiştir. B noktasından diğer üretim makinaları üzerinde bulunan insan-makine arayüzlerine veri aktarımı ise Node MCU adı verilen mikrodenetleyici ve ESP8266 WiFi modülünden oluşan gömülü sistem aracılığı ile yapılmıştır. B noktası ve diğer makina noktalarında birer Node MCU bulunmakta olup bu noktaların haberleşmesi için gerekli algoritmalar oluşturulmuştur. Bu çalışma kapsamında kavramsal ispatın ortaya konması amacıyla iki adet Node MCU'dan oluşan WiFi ağı ve üç adet 2G GSM modülünden oluşan M2M data hattından meydana gelen bir sistem tasarlanmıştır. Sistemin etkinliği deneysel çalışmalarla ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: M2M, WiFi, Kalibrasyon, Node MCU, GSM

DESIGN Of CALIBRATION DATA TRANSMISSION SYSTEM USING NODE MCU BASED WiFi NETWORK AND 2G M2M DATA LINE

Abstract
One of the activities that is carried out in factories in order to produce products that meet specific quality standarts is to calibrate sensors on production machines. After applying calibration operations on the sensors, labels on which calibration date and code of the sensor are written are sticked on the machines. So, someone who has no information about process of production and machines can see data of calibration of the sensors just looking to the labels. Data of calibrations are also entered into a calibration tracking software (CTS) by an user. Due to conditions (vapor, humidity, heat,oil) of factory production readibility of the labels decreases or these labels are lost after self detachment. On the other side, the informations on the lables must be mapped to database of CTS but excessive amount of numbers of the sensors makes difficult to maintain operativeness of the system. So, aim of this work is to develop more effective calibration tracking system that is easy to maintain. By this work calibration labels are digitalized by showing them on human-machine interfaces and to map label informations to CTS , from

a station that consists of a computer on which CTS runs and GSM module (node A) to a GSM module (node B) data transmission is realised by using a M2M data line. For this data transmission a simple and efficient handshaking mechanism is implemented. Data transmission to other nodes from node B to other human-machine interfaces are executed through an emdedded system called Node MCU that consists of a microcontroller and a ESP8266 WiFi module. Node B and each other human machine interface nodes have one Node MCU and to provide communication among these nodes required algorithms are carried out. In scope of this work, in order to introduce conceptual proof, a system that consists of three-Node MCU WiFi network and two-2G GSM module M2M data line is designed. Effectiveness of the system is introduced with experimental works.to learn about the formatting of text, figure, table, captions, references, and the method to include the indexing information. The full paper in MS Word file shall be written in compliance with these authors guidlines. All papers should be written as *.doc or *.docx format and submit to the editorial manager of congress website.

Keywords: M2M, WiFi, Calibration, Node MCU, GSM

1. GİRİŞ

Günümüzde fabrika üretim, bakım ve kalite süreçlerinin isten kalitede , istenen zamanda bitirilebilmesi için yazılım tabanlı süreç takip sistemlerinin kullanılması çok yaygın bir araç haline gelmiştir. Yazılım süreç takibinde temel mantıksal yapıyı oluşturmakla birlikte süreç verilerinin kaydedilmesi gerekliliği, veritabanı öğelerinin de kullanılmasını beraberinde getirmektedir. Bu çalışmanın konusu fabrikalarda kalite yönetim sistemlerinin vazgeçilmez unsuru olan kalibrasyon süreçlerinin takip ve kayıdını yapmak için kullanılan geleneksel kalibrasyon takip siteminin geliştirilmesi için önerilen bir yaklaşımdır. Bu yaklaşımda M2M (Makineden Makineye) iletişim mantığı 2G veri hattıyla gerçeklenerek WiFi ağı ile de desteklenerek operasyon işlerliği ve bakımı kolaylaştırılmış bir sistem oluşturulmuştur.

Literatüre ve endüstrideki uygulamalara bakıldığında bir server ve MQTT protokolü kullanılarak IOT (nesnelerin interneti) kavramı kapsamında uygulamaların yapıldığını görmekteyiz (Light R.A, 2017). Ancak server kullanımı siber güvenlik önlemleriyle korunması gereken bir yapı olduğundan bu çalışma kapsamında server kullanmadan nasıl bir çözüm önerilebileceği üzerinde yoğunlaşılmıştır.

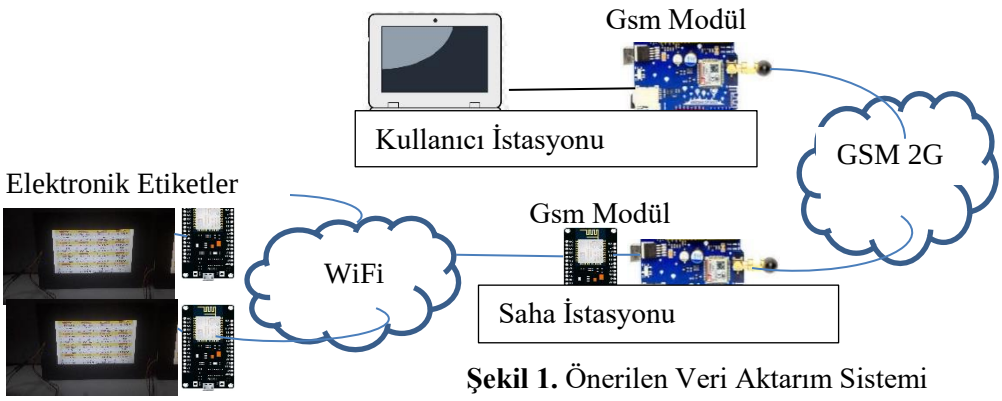
Kalibrasyon verileri her bir cihaz / sensör kalibrasyonu yapıldıktan sonra veritabanında güncellenmektedir. Bu veriler ile fabrika sahası içindeki kalibrasyon etiketleri üzerindeki bilgiler birbirinin aynı olması gerekir.

Geleneksel kalibrasyon takip sisteminde etiket bilgileri bir teknisyen tarafından el ile yazılmaktadır. Verilerin otomatik olarak veritabanından gönderimi yapılabilmesi için ise gömülü sistem tabanlı çözümlerin kullanılmasının gerektiği anlaşılabilir. Diğer taraftan bu veriler kullanıcının fabrika içerisinde olmasını gerektirmeyecek şekilde iletilmelidir. Bundan dolayı Türkiye içerisinde yaygın bir operasyonel kullanımı olan GSM teknolojisinden faydalanılabilir (KUL, 2017).

Çalışmanın geri kalan kısmı önerilen GSM-WiFi veri aktarım topolojisi, geleneksel kalibrasyon sistemi ve bu sistem üzerinde yapılan iyileştirmeler, yapılan deneysel çalışmalar ve sonuçların anlatıldığı bölümlerden oluşmaktadır.

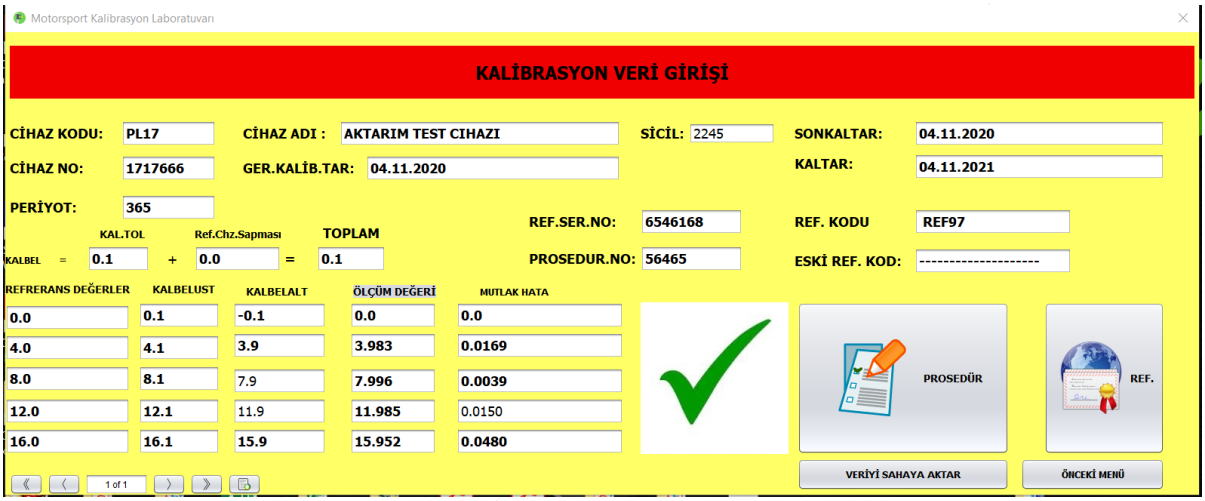
2. ÖNERİLEN GSM-WiFi VERİ AKTARIM METODU VE SİSTEMİ

Aşağıdaki şekilde önerilen veri aktarım sistemi gösterilmektedir. Sistem, kalibrasyon siteminin bulunduğu bilgisayar tabanlı sistemin GSM modülüyle haberleşmesini sağlayan yazılım, bu GSM modülüyle sahadaki GSM modülü arasındaki iletişimi sağlayan gömülü yazılım, sahadaki GSM modülüyle WiFi modülleri arasındaki iletişimi sağlayan gömülü yazılımdan oluşmaktadır.



Şekil 1. Önerilen Veri Aktarım Sistemi

Kullanıcı istasyonunda bulunan bilgisayarda kalibrasyon takip sistemi çalışmaktadır ve veritabanına ulaşım yetkisine sahiptir. Kalibrasyon sistemi ara yüzü ise aşağıdaki biçimdedir.



Şekil 2. Kalibrasyon Veri Ekranı

Yukarıdaki ara yüzde görülen cihaz kodu, son kalibrasyon tarihi ve gelecek kalibrasyon tarihi sahadaki karşılıklarıyla aynı olmalıdır. Geleneksel olarak sahada kullanılan etiketler Şekil 3'de gösterilmiştir. Önerilen sistemde ise bu bilgiler gerçeklenen bir data paketi ve protokol aracılığı ile Şekil 1.'de gösterilen elektronik etiketlere gönderilmektedir. Tüm elektronik etiketler saha istasyonundan gönderilen veriyi alırlar. Verinin hangi elektronik etikete sahip olduğu ise ilgili gömülü sistemin ID numarası ile ayırt edilir. Topoloji olarak "One to Many" yapısı kullanılmıştır. Bu yapı sayesinde gerçeklenmesi kolay ve güvenli bir veri trafiği elde edilmiştir.

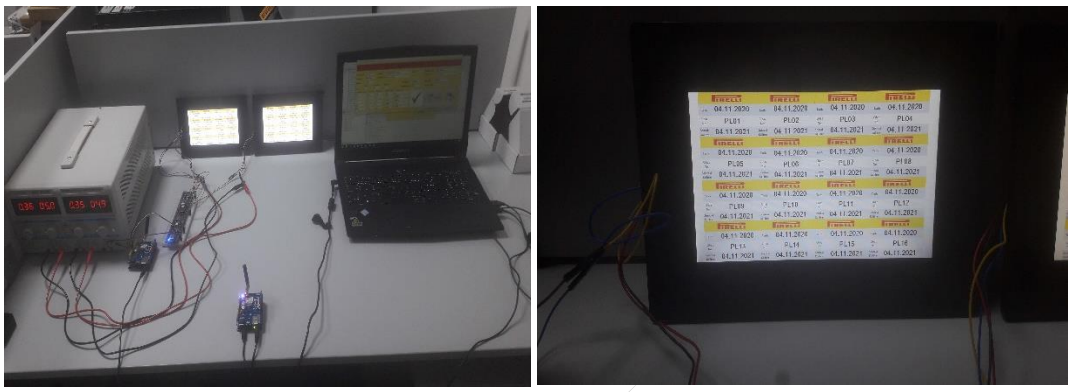


Şekil 3. Geleneksel Kalibrasyon Etiketleri

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Önerilen sistemin kavramsal doğruluğu deneysel çalışmalarla doğrulanmıştır. Kullanıcı ve saha istasyonunda kullanılan GSM modülü 2G, 3G ve 4.5G sim kartlarıyla ve M2M hatlarıyla sadece 2G için uyumluluk gösteren SIM800 GSM entegresi barındırır. 3.7 volt pil ya da 6V-12V adaptörler ile beslenebilir. SIM800 entegresi anlık olarak 2 A akım çekebildiğinden 5 A akım verebilecek bir adaptör kullanılmıştır.

WiFi çözümü için Node MCU olarak adlandırılan ESP8266 WiFi modülü ve ESP32 mikrodenetleyici barındıran gömülü sistem kullanılmıştır. Node MCU, 80 MHz. CPU saat frekansına, 128 kB program ve 4MB veri hafızasına sahiptir. Gerçeklenen deney düzeneği Şekil 4.'te gösterilmiştir. Ara yüzdeki "Veriyi Sahaya Aktar" butonuna basıldığında veritabanındaki bilgiler elektronik etiketlere aktarılır. Elektronik etiket olarak Nextion marka kullanıcı ara yüzleri kullanılmıştır. Her elektronik etiket, kendisine bağlı bir Node MCU aracılığı ile cihaz kodu, son kalibrasyon tarihi ve gelecek kalibrasyon tarihi bilgilerini alır ve ekranında gösterir.



Şekil 4. Gerçeklenen Deney Düzeneği Ve Yenilenen Yapıda Kalibrasyon Etiketleri

4. SONUÇLAR

Yapılan bu çalışmayla, geleneksel kalibrasyon takip sistemindeki eksiklikler giderilmiştir. Saha ve kullanıcı tarafı arasındaki veri farklılığı riski ortadan kaldırılmış, kağıt etiketlerin buhar, nem, yağ, sıcaklık ve operatör eliyle koparılması gibi fiziksel riskler de bertaraf edilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu bildiri Pirelli Otomobil Lastikleri AR-GE Merkezi'nin katkılarıyla ortaya çıkmıştır. AR-GE Merkezi'ne destek veren Pirelli Otomobil Lastikleri yönetimine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

KUL, B. (2017). IoT-GSM-based high-efficiency LED street light control system (IoT-SLCS). In 2017 XXVI International Scientific Conference Electronics (ET) (pp. 1-5). IEEE.

LIGHT, R. A. (2017). Mosquitto: server and client implementation of the MQTT protocol. *Journal of Open Source Software*, *2*(13), 265.

AKTİVATÖR TÜRÜNÜN ATIK BAZALT TOZU ESASLI JEOPOLİMER HARÇLARIN DAYANIM ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Serhat Çelikten
Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü
scelikten@nevsehir.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-8154-7590

Özet
Bu deneysel çalışmada, bazalt taşı kesimi sırasında ortaya çıkan atıkların jeopolimer üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla, katı KOH, NaOH ve sıvı sodyum silikat olmak üzere 3 farklı aktivatör ile jeopolimer harçlar üretilmiştir. Harçlarda su/atık bazalt tozu oranı 0,5, kum/ atık bazalt tozu oranı ise 3 olarak belirlenmiştir. Üretimden 24 saat sonra harçlar 90ºC'de 24 saat ısıl küre tabi tutulmuş ve ısıl kürün tamamlanmasından 7 ve 28 gün sonra eğilme ve basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçları, sıvı sodyum silikat ile üretilen atık bazalt tozu esaslı harçların diğer aktivatörlerle üretilenlere kıyasla daha yüksek dayanım değerlerine sahip olduğunu göstermiştir. En düşük dayanım değerleri ise KOH ile üretilen harçlarda elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Jeopolimer, atık bazalt tozu, aktivatör, dayanım

THE INFLUENCE OF ACTIVATOR TYPE ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF WASTE BASALT POWDER-BASED GEOPOLYMER MORTARS

Abstract
In this experimental work, the possible use of wastes emerged during the cutting process of basalt rock in the production of geopolymer has been investigated. For this purpose, geopolymer mortars are produced with 3 different activators: solid KOH, NaOH and liquid sodium silicate. In the mortars, the water/waste basalt powder ratio is 0.5, and the sand/waste basalt powder ratio is 3. 24 hours after the production, the mortars were thermally cured at 90 ° C for 24 hours and flexural and compressive strength tests were carried out 7 and 28 days after the completion of the thermal curing. Test results showed that waste basalt powder based mortars produced with liquid sodium silicate have higher strength values than the others. The lowest strength values were obtained in mortars produced with KOH.

Keywords: Geopolymer, waste basalt powder, activator, strength.

1. GİRİŞ

Bazalt, magmatik hareketler sonucu yüzeye çıkan lavın atmosferik koşullarda soğuması ile oluşan gri ila siyah renkli bir volkanik kayadır. Yeryüzünde yaklaşık 2,5 milyon kilometre karelik bir alanı kapladığından, ucuz ve kolayca elde edilebilir bir kayaçtır. İçeriğinde başlıca % 40-55 SiO_2 ve % 10-20 Al_2O_3 olan bazalt düşük oranlarda da Fe_2O_3, CaO, MgO ve K_2O ve TiO_2 gibi oksitler içerir [Ercenk vd. 2018]. Bazalt kayaçlarından farklı şekillerde kesilen bazalt taşları parke taşı, bordur taşı ve kesme taş olarak yapılarda ve dış mekanlarda kullanılmaktadır [Çelik,2003]. Bazalt kayacı kesim tesislerinde bu taşların elde edilmesi sırasında kayacın toplam ağırlığının yaklaşık %25'i kadarı toz halinde kesim atığı olarak doğaya bırakılmaktadır. Kesim atığı olarak doğaya bırakılan atık bazalt tozunun neredeyse tamamı 125 µm den daha düşük tane boyutuna sahip olduğundan tozumaya neden olmakta ve depolama probleminin yanı sıra doğaya da zarar verebilmektedir. Bu nedenle atık bazalt tozunun geri kazanımı ile ekonomik ve ekolojik fayda sağlanabilecektir.

Jeopolimerler katı amorf alumina silikatların alkali solüsyonlarla aktivasyonu ile elde edilen yenilikçi bağlayıcılardır [Colangelo ve ark., 2018]. Jeopolimerler genellikle geleneksel çimento ile üretilen bağlayıcılara göre daha düşük emisyon değerine sahip olması nedeniyle çevre dostu bağlayıcılar olarak nitelendirilirler [Sandanayake ve ark., 2018]. Uçucu kül gibi katı alümina silikat kaynağı olarak çeşitli endüstriyel atıkların kullanılması ile hem jeopolimerlerin emisyon değerleri daha da düşmekte hem de atıkların neden olduğu depolama problemlerinin azalmasına katkı sağlanabilmektedir [Khale ve

Chaudhary, 2007]. Bazalt kesim atıklarının da jeopolimer üretiminde değerlendirilmesi ile jeopolimerlerin daha çevre dostu olması ve atıkların değerlendirilmesi açısından fayda sağlanabilecektir.

Jeopolimerlerin mekanik ve dayanıklılık özellikleri aktivatör türü ve içeriği ile etkilenebilmektedir [Lee ve ark, 2016]. Katı alümina silikat kaynaklarından iyonların çözünmesi ve alkali ortamda bir araya gelerek jeopolimerik bağlar oluşturması için uygun aktivatör içeriği gereklidir [Bondar ve ark., 2011]. Literatürde araştırmacılar her bir katı alümina silikat için çeşitli aktivatör içerikleri önermişlerdir [Leong ve ark.,2016: Çelikten ve ark., 2019:]. Atık bazalt tozu esaslı jeopolimerler için de uygun aktivatör türünün ve içeriğinin tespiti önemlidir. Bu nedenle, bu çalışmada 3 farklı aktivatör içeriğinin atık bazalt tozu esaslı jeopolimerlerin dayanım özelliklerine etkileri araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

Çalışmada katı alümina silikat kaynağı olarak kullanılan atık bazalt tozu Kayseri yöresinde bazalt kesimi yapan yerel bir atölyeden temin edilmiştir. Tamamı 125 µm elekten geçebilen atık malzeme karışımların su içeriğinde farklılık oluşmaması için etüvde 105 ºC'de 24 saat kurutulduktan sonra kullanılmıştır. Atık bazalt tozu malzemesinin kimyasal kompozisyonu Tablo 1'de sunulmuştur. Jeopolimer harç karışımlarında 0-3 mm tane boyutu aralığında dere kumu ve şehir şebeke suyu kullanılmıştır. Karışımlarda kullanılan atık bazalt tozu ve dere kumunun görünümleri Şekil 1'de sunulmuştur. Aktivatör olarak da katı NaOH ve KOH ile sıvı sodyum silikat ayrı ayrı kullanılmıştır. Sıvı sodyum silikatın su içeriği %62'dir.

Tablo 1. Atık Bazalt Tozunun Kimyasal Kompozisyonu

Oksit, %									
SiO_2	Al_2O_3	CaO	Fe_2O_3	MgO	Na_2O	TiO_2	K_2O	MnO	P_2O_5
46,73	16,42	10,97	8,39	7,23	3,21	2,72	0,69	0,86	0,47

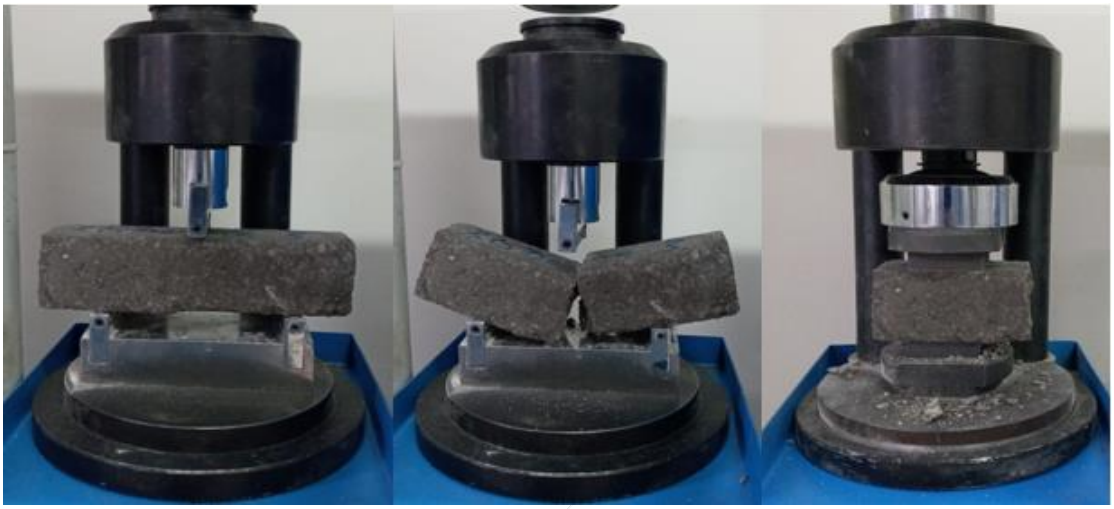


Şekil 1. Harçlarda kullanılan atık bazalt tozu ve dere kumunun görünümleri

Deneysel çalışmada atık bazalt tozu ile 6 farklı jeopolimer harç karışımı oluşturulmuştur. Harç üretiminde 3 adet 4x4x16 cm boyutlu prizma kalıp için kullanılan malzeme miktarları Tablo 2'de sunulmuştur. Aktivatörler içerdikleri alkali miktarının atık bazalt tozu ağırlığına oranı %5 ve %10 olacak şekilde karışımlarda kullanılmıştır. Karışımların su/ atık bazalt tozu oranının sabit olabilmesi için Sodyum silikat (sıvı Na_2SiO_3) içerdiği su miktarı karışım suyundan çıkarılmıştır. Sonuç olarak tüm karışımlarda su/ atık bazalt tozu oranı 0,5 olmuştur. Karışımlarda öncelikle atık bazalt tozu ve aktivatör solüsyonları Hobart mikseri kabına yerleştirilmiş, kum daha sonra TS EN 196-1 standardında olduğu gibi yavaşça dökülmüştür. Üretilen karışımlar prizma kalıplara döküldükten sonra 1 gün laboratuvar koşullarında ön küre tabi tutulmuş, daha sonra 90ºC'de 24 saat ısıl küre tabi tutulmuştur. Harçlar üzerinde ısıl kürden 7 ve 28 gün sonra TS EN 196-1 standardına göre eğilme ve basınç dayanımı deneyleri Şekil'2deki gibi gerçekleştirilmiştir.

Tablo 2. Harç Karışımları

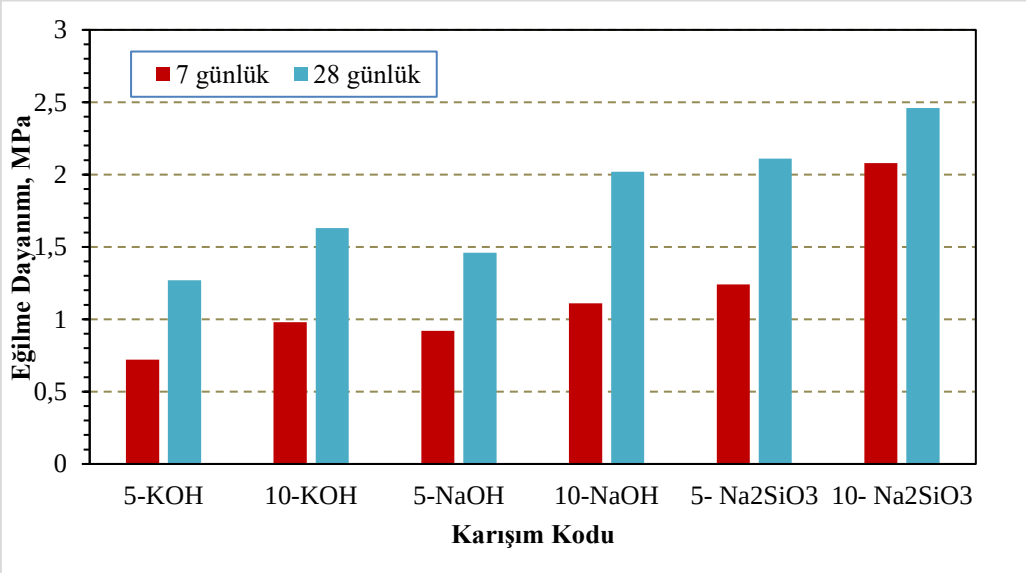
Karışım Kodu	Alkali İçeriği, Bazalt ağırlığının yüzdesi	Bazalt	KOH	NaOH	Na_2SiO_3 (sıvı)	Kum	Su
		gram					
5-KOH	5	450	32,3			1350	225
10-KOH	10	450	64,6			1350	225
5-NaOH	5	450		39,1		1350	225
10-NaOH	10	450		78,2		1350	225
5- Na_2SiO_3	5	450			96,3	1350	165,3
10- Na_2SiO_3	10	450			192,6	1350	105,6



Şekil 2. Harçlara eğilme ve basınç dayanımı deneylerinin uygulanması.

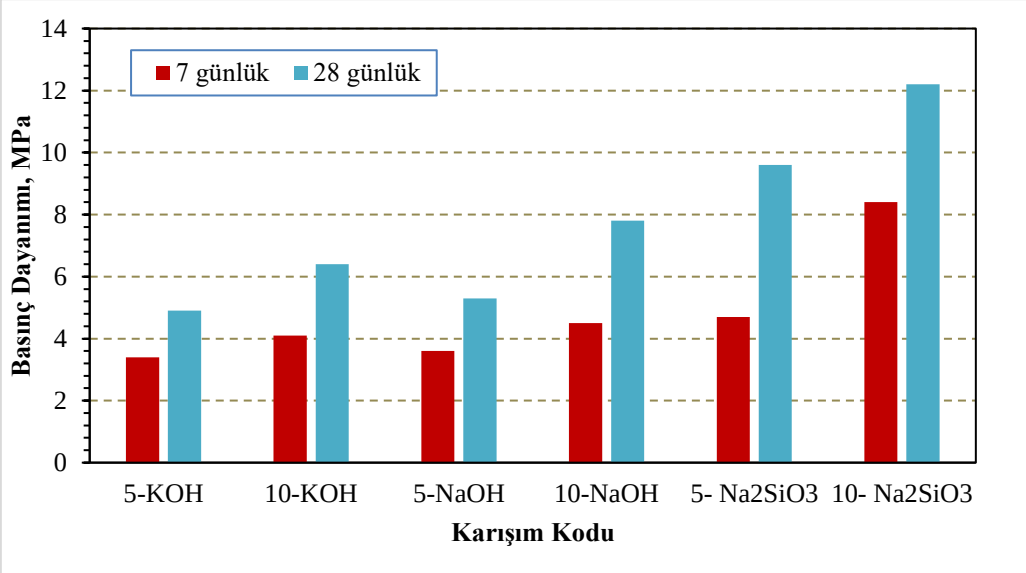
3. SONUÇ

Atık bazalt tozu esaslı jeopolimer harçların 7 ve 28 günlük eğilme dayanımları Şekil 3'de sunulmuştur. Harçların 7 günlük eğilme dayanımları 0,72 ile 2,08 MPa arasında değişirken, 28 günlük dayanımları 1,27 ile 2,46 MPa arasındadır. Aktivatör içeriği fark etmeksizin, harçların eğilme dayanımları alkali konsantrasyonuyla birlikte artmıştır. En düşük eğilme dayanımı değerleri 5-KOH kodlu harçlarda elde edilirken, en yüksek değerlere ise 10-Na_2SiO_3 kodlu numunelerde ulaşılmıştır.



Şekil 3. Harçların eğilme dayanımları

Bu deneysel çalışma kapsamında üretilen harçların 7 ve 28 günlük basınç dayanımları Şekil 4'de gösterilmiştir. Harçların basınç dayanımları ile eğilme dayanımları birbiriyle uyumlu değişim göstermiştir. Harçlardaki aktivatör içeriği ile birlikte basınç dayanımları artmıştır. Harçların basınç dayanımları kür yaşıyla birlikte %44 ile %104 olanları arasında artış göstermiştir. En düşük basınç dayanımı değerleri KOH ile üretilen harçlarda görülürken en yüksek değerler Na_2SiO_3 ile üretilenlerde elde edilmiştir.



Şekil 4. Harçların eğilme dayanımları

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada bazalt taşı kesim atığı olan atık bazalt tozunun jeopolimer üretimi için kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla farklı aktivatör türleri ile atık bazalt tozunun aktivasyon durumu mekanik özellikler açısından irdelenmiştir. Deney sonuçlarından kullanılan atık bazalt tozunun aktivasyonu için sıvı sodyum silikatın NaOH ve KOH'a göre daha uygun olacağı sonucu çıkarılabilir. Bunun nedeni olarak NaOH ve KOH'daki OH^- iyonlarının aktivasyonu etkilemesi gösterilebilir. Aktivatör içeriği ile artan dayanım değerlerinin nedeni olarak da ortamın alkalilik derecesinin artması ile atık bazalt tozundan iyonların daha kolay çözünmesi gösterilebilir. Bu ön çalışma sonucunda atık bazalt tozunun jeopolimer üretimi için bir potansiyel taşıdığı söylenebilir. Daha yüksek dayanım değerlerinin elde edilebilmesi için su içeriğinin ve aktivatörlerin birlikte kullanımının etkilerinin araştırılması ileriki çalışmalar için önerilir.

KAYNAKLAR

BONDAR, D., LYNSDALE, C. J., MİLESTONE, N. B., HASSANİ, N., ve RAMEZANIANPOUR, A. A. (2011), Effect Of Type, Form, and Dosage of Activators on Strength of Alkali-Activated Natural Pozzolans, *Cement and Concrete Composites*, 33(2), 251-260.

COLANGELO, F., ROVİELLO, G., RİCCIOTTI, L., FERRANDİZ-MAS, V., MESSINA, F., FERONE, C., ... ve CHEESEMAN, C. R. (2018), Mechanical and thermal properties of lightweight geopolymer composites, *Cement and Concrete Composites*, 86, 266-272.

ÇELİK, M. Y. (2003), Dekoratif Doğal Yapı Taşlarının Kullanım Alanları ve Çeşitleri, *Bilimsel Madencilik Dergisi*, 42(1), 3-15.

ÇELİKTEN, S., SARIDEMİR, M., ve DENEME, İ. Ö. (2019), Mechanical and microstructural properties of alkali-activated slag and slag+ fly ash mortars exposed to high temperature, *Construction and Building Materials*, 217, 50-61.

ERCENK, E., GUVEN, B., ve YİLMAZ, S. (2018), Crystallization kinetics of machinable glass ceramics produced from volcanic basalt rock. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 498, 262-271.

KHALE, D., ve CHAUDHARY, R. (2007), Mechanism of geopolymerization and factors influencing its development: a review, *Journal of Materials Science*, 42(3), 729-746.

LEE, S., VAN RİESSEN, A., CHON, C. M., KANG, N. H., JOU, H. T., ve KİM, Y. J. (2016), Impact of activator type on the immobilisation of lead in fly ash-based geopolymer, *Journal of Hazardous Materials*, 305, 59-66.

LEONG, H. Y., ONG, D. E. L., SANJAYAN, J. G., ve NAZARİ, A. (2016), The effect of different Na2O and K2O ratios of alkali activator on compressive strength of fly ash based-geopolymer, *Construction and Building Materials*, 106, 500-511.

SANDANAYAKE, M., GUNASEKARA, C., LAW, D., ZHANG, G., ve SETUNGE, S. (2018), Greenhouse gas emissions of different fly ash based geopolymer concretes in building construction, *Journal of Cleaner Production*, 204, 399-408.

ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONLARININ GENETİK ALGORİTMA İLE OPTİMİZASYONU

Hakan ÇELİK
Düzce Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü/ Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
h_celik@hotmail.com

Ali ÖZTÜRK
Düzce Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi/Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü
aliozturk@duzce.edu.tr

Özet
Elektrikli araçlar çevre dostu olması, fosil yakıtlara bağımlılığı azaltması ve yakıt ekonomisi sebebi ile birçok ülke tarafından teşvik edilmekte, bu da araç kullanıcıların ve araç üreticilerinin ilgilerini her geçen gün arttırmaktadır. Şuan için sayısı az olsa da giderek artan, 2040 yılında trafikteki toplam araç sayısının %58 ini kapsayacağı öngörülen elektrikli araçlar, avantajlarının yanı sıra bazı sorunları da beraberinde getirmektedir. Elektrikli araç şarj istasyonlarının mevcut dağıtım şebekelerine bağlantısı; gerilim düşümü, frekans dalgalanması, şebeke çökmesi gibi olumsuz etkilere sebep olacaktır. Bu çalışmada Elektrik şebekelerinin kapasite değerleri, şebeke yük eğrilerinin saatlik değişimleri gibi çoklu değişkenler içeren karmaşık problemlerin çözümü için sadece amaç fonksiyonuna gerek duyan ve olasılık kurallarına göre çalışan Genetik Algoritma, optimizasyon yöntemi olarak kullanılmıştır. Genetik Algoritmalar doğal seçim ilkelerine dayanan bir optimizasyon yöntemidir. Çözüm uzayının tamamını değil belirli bir kısmını tarayarak etkin bir arama yapar ve daha kısa sürede çözüme ulaşır. Çalışma sonucunda, belirlenen bir dağıtım şebekesinde şarj istasyonu bağlantı uygunluğu, lokasyonu, ve şarj bağlantı kapasiteleri için optimal sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli Araç Şarj İstasyonu, Genetik Algoritma, Dağıtım Şebekesi. Optimizasyon

OPTIMIZATION OF ELECTRIC VEHICLE CHARGING STATIONS WITH GENETIC ALGORITHMS

Abstract
Because of their environmental friendliness, reducing dependence on fossil fuels and advantage of fuel economy, Electric vehicles are supporting by many countries and getting more interest of vehicle users and vehicle manufacturers every day. Although their number is small for now, the ever-increasing electric vehicles, which are predicted to cover 58% of the total number of vehicles in traffic in 2040, bring along some problems as well as their advantages. Connection of electric vehicle charging stations to existing distribution networks; will cause adverse effects such as voltage drop, frequency fluctuation and network black out. In this study, Genetic Algorithm, which requires only the objective function and works according to probability rules, is used as an optimization method for solving complex problems involving multiple variables such as capacity values of electrical networks and hourly changes of grid load curves. Genetic Algorithms is an optimization method based on natural selection principles. It performs an efficient search by scanning a certain part, not the entire solution space, and reaches a solution in a shorter time. As a result of the study, optimal results were obtained for charging station connection suitability, location, and charging connection capacities in a specified distribution network.

Keywords: Electric Vehicle Charging Stations, Genetic Algorithms, Distribution Network, Optimization

1. GİRİŞ

Elektrikli araç şarj istasyonları için hazırlanan IEC 61851 standardında, şarj yöntemleri belirlenmiş ve maksimum akım ve gerilimler, mesken kullanımlarında 32 ampere kadar ve mesken dışı farklı şarj modlarında alternatif akımda 16 Amperden 250 Ampere kadar, doğru akımda 400 Ampere kadar

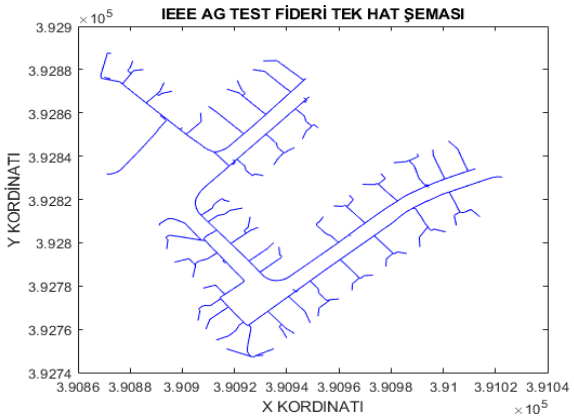
akımların çekilebileceği bildirilmiştir.(Rata ve ark.,2019). Elektrikli araç sayılarının artması durumunda, şarj süreci yönetilemediğinde yalnızca elektrik üretim sisteminde değil alçak gerilim seviyesinde de ciddi şebeke problemleri ortaya çıkacaktır. (Yapıcı ve ark., 2019). Artan yük talebi beraberinde yeni trafo tesisi, ilave elektrik şebekeleri, iletken kesit artırımları gibi büyük maliyet isteyen yatırımlar gerektirmektedir. İlerleyen yıllarda elektrikli araçların şarj talebini karşılamak için en iyi ihtimalle her yıl orta büyüklükte Trafo merkezlerinin kurulması ile karşılanabilecektir.(Aksoy, 2019). Tesis yatırımı yapmadan bu yüklerin Dağıtım şebekesine etkilerinin azaltılması ile alakalı bir çok optimizasyon çalışması yapılmıştır. Elektrikli Araçların Şarj edilme Zamanlarının Sezgisel Algoritmalar ile planlanması durumunda, yük profili düzgünleşecek, güç tepe noktaları düşecek ve güç sistemi bileşenleri yaşlanmaya karşı korunacaktır. (Alonso ve ark., 2014)

Bu çalışmada, Test Fideri üzerinde elektrikli araç yük profil zamanlaması Genetik Algoritma ile optimize edilerek elektrik şebekesinde oluşacak gerilim düşümü ve kayıpların azaltılması, bağlantı kapasitesinin ve lokasyonun uygunluğunun tespiti amaçlanmaktadır.

2. MATERYAL VE METOD

2.1 IEEE Avrupa Alçak Gerilim Test Fideri

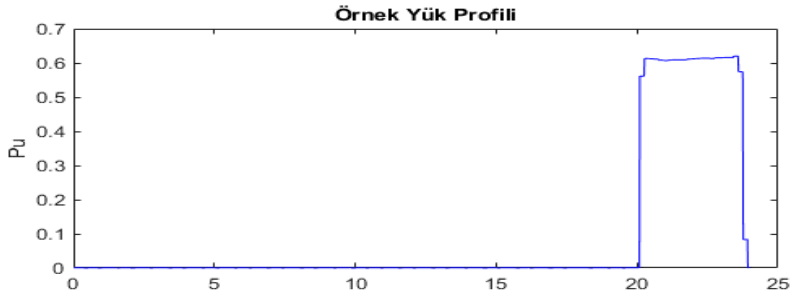
Analiz ve optimizasyon çalışması IEEE Avrupa Alçak Gerilim Test Fideri (IEEE Test Feeder Working Group, 2020), üzerinde gerçekleştirilmiştir. Tek Hat Şeması Şekil.1'de belirtilen test fiderinde 906 bara, 905 hat ve 55 adet yük bulunmaktadır. Faz-Faz Gerilimi 416V ve 50Hz frekansında olan dağıtım şebekesine bağlı yükler 1kW olarak belirlenmiştir. Yük profilleri 24 saatlik periyod için 1 dakikalık aralıklarla oluşturulmuştur.



Şekil 1. IEEE Alçak Gerilim Test Fideri Tek Hat Şeması

2.2 Elektrikli Araç Yük Profili

Bu araştırmada kullanılacak olan Elektrikli Araç Yük Profili (UK Power Networks, 2015), Uk Power Networks Dağıtım Şirketi tarafından toplanan gerçek zamanlı verilerden alınmıştır. Veriler 10 dakikalık zaman periyodlarından oluşmaktadır. Test sistemine uyarlamak için 1 dakikalık zaman periyoduna sentezlenerek Şekil 2'deki Yük Profili oluşturulmuştur.



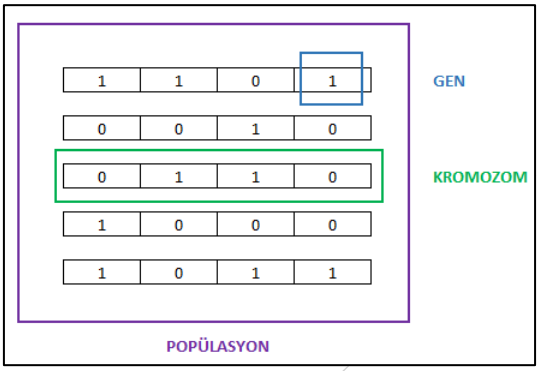
Şekil 2. Elektrikli Araç Yük Profili

2.3 OpenDSS ve Matlab

Test fiderinin zaman bazlı analizleri OpenDSS programı ile yapılmıştır ve çıktılar Matlab programında işlenmiştir. OpenDSS (Açık Dağıtım Sistemi Simülatörü) Elektrik Dağıtım Sistemleri için kapsamlı bir simülasyon aracıdır. Önemli özelliklerinden biri, zaman bazlı simülasyon yapabilmesidir. Güç Akışı hesabı sonrası güç ve gerilim kayıpları, gerilimler, akımlar zamana göre detaylı bir şekilde temin edilmektedir.

2.4 Genetik Algoritma

Genetik algoritma biyolojik evrimi taklit eden doğal seleksiyonlu bir stokastik optimizasyon prosedürü olup (Thompson ve ark., 2009), başlangıç popülasyonu oluşturularak en uygun bireyleri seçer ve gelecek nesillere aktararak çözüm üretir. Temel olarak başlangıç popülasyonunun oluşturulması, uygunluk fonksiyonu, seçim, çaprazlama ve mutasyon olarak 5 fazdan oluşmaktadır. Popülasyon, kromozom denilen bireylerden oluşmaktadır. Genler içlerinde bilgi taşıyan en küçük bileşenlerdir ve ikili sayı sistemi, tam sayı veya gerçel sayı olabilirler. Genler bir araya gelerek kromozomları oluşturur. Örnek bir popülasyon, popülasyonu oluşturan genler ve kromozomlar Şekil 3'de görülmektedir.

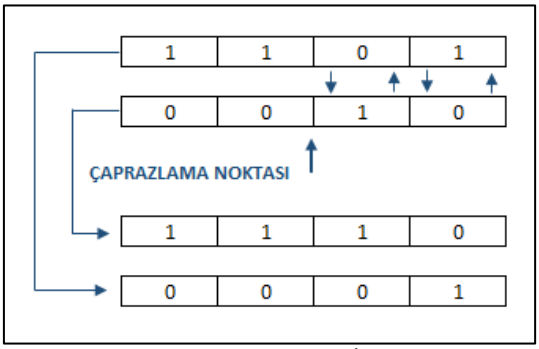


Şekil 3. Popülasyon Bileşenleri.

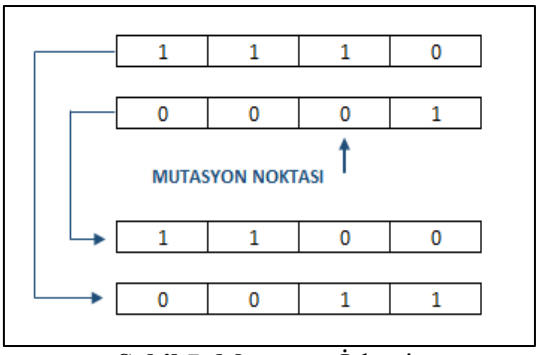
Seçim, uygun bireyi genetik değişiklik yapmadan yeni nesile kopyalar Çaprazlama iki bireyin yapısını rastlantısal olarak birleştirerek iki yeni nesil oluşturur, mutasyon ise bireyin genlerinin bir veya birkaçının yerini değiştirerek çaprazlama ile mümkün olmayan değişikliklerin yapılmasını sağlar. (Elmehdi,ve Abdelilah,2019). Şekil 4'de örnek çaprazlama işlemi ve Şekil 5'de de örnek mutasyon işlemi gösterilmiştir.

Genetik Algoritmaların etkinliği Amaç Fonksiyonunun kurulması, başlangıç topluluğunun oluşturulması, seçim, çaprazlama ve mutasyon Operatörlerinin belirlenmesine ve sonlandırma kriterine bağlıdır.

GA yöntemi ile optimizasyonun ana aşamaları, başlangıç toplumunun oluşturulması ve kodlanması, uygunluk fonksiyonunun (fitness function) belirlenmesi ve yeni nesillerin oluşturulması olarak özetlenebilir. (Şenel, 2006).



Şekil 4. Çaprazlama İşlemi.

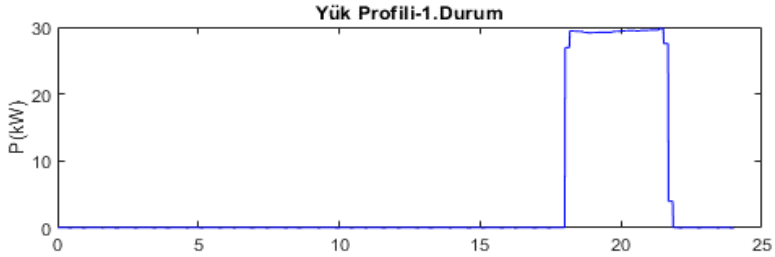


Şekil 5. Mutasyon İşlemi.

3. ANALİZ SONUÇLARI

3.1 1.Durum

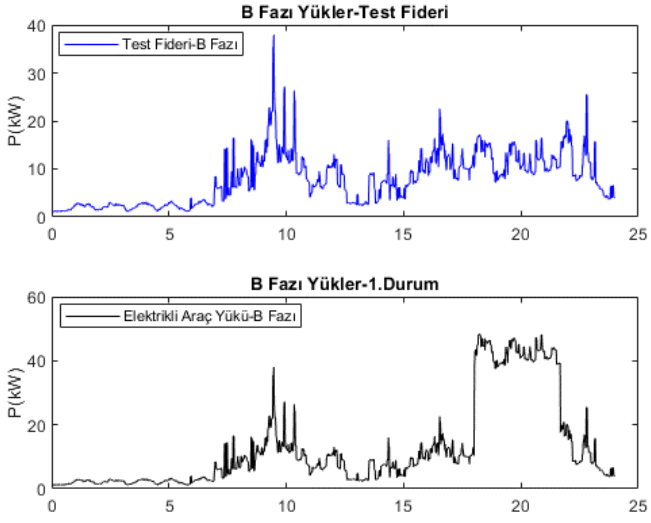
8 adet Elektrikli Araç aynı güç ve aynı şarj kapasitesine sahip oldukları kabul edilerek Test Fiderinin 400-408 nolu baralarının B Fazlarına bağlanmıştır. Toplam 8 adet araç için yük profili Şekil 6 da belirtilmiştir. Tüm araçlar 4 saat boyunca şarj edilmiştir. OpenDSS programında fider analiz edilerek yük öncesi ve yük sonrası Ana Hat (Line 1) B Fazından çekilen güçler ve B Fazı gerilimleri ölçülmüştür.



Şekil 6. Elektrikli Araç Yükü

3.1.1 B Fazı Yük Değişimi

Durum 1 için 24 saatlik B Fazı yük grafikleri Şekil 7'de ve sonuçları Tablo 1'de belirtilmiştir



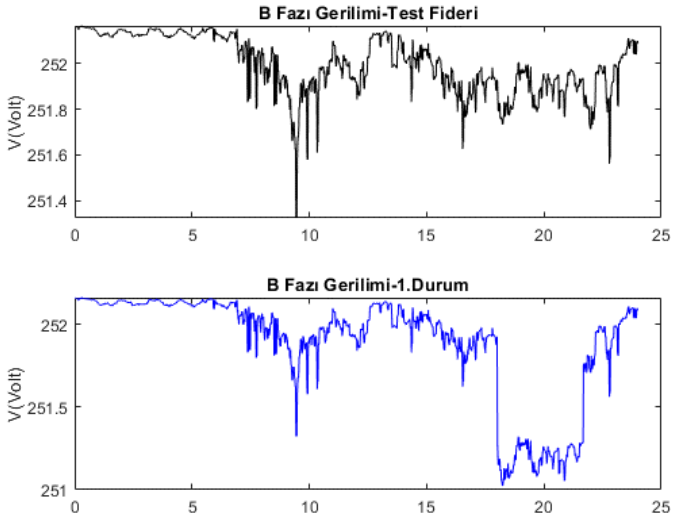
Şekil 7. 1.Durum Ana Hat B Fazı Yükleri

Tablo 1. Durum 1 Analiz Sonuçları

Saat	Toplam Tüketim(kWh)	Maksimum (kW)	Yük Kaybı (kWh)	Max Yük Kaybı (kW)	Hat Kayıpları(kW)
24	637	78	12	3	12

3.1.2 B Fazı Gerilim Değişimi

Durum 1 için 24 saatlik B Fazı gerilimleri Şekil 8'de belirtilmiştir.



Şekil 8. 1.Durum Ana Hat B Fazı Gerilimleri

3.2 2.Durum

1. durumda şarj süresi18:00-22:00 arasında 4 saat olarak belirlenmişti. 2.durumda şarj başlangıcı yine 18:00 olarak bırakılmış ve son şarj bitiş saati 24:00 olarak sınırlandırılarak Matlab da Genetik Algoritma uygulaması ile optimizasyon yapılması amaçlanmıştır. 4 saat şarj süreleri olan 8 aracın, 6 saatlik zaman diliminde, en uygun şarj başlangıç saatleri tespit edilmeye çalışılacaktır. Ölçüm aralığı 1080. dakikadan 1440.dakikaya kadar süre *topt* (1) matrisi ile tanımlanır, elektrikli araç yük profile ise 1080(18:00) ile 1320(22:00) arası olduğu için *ts* (2) ile ifade edilir, elektrikli aracın birim zamanda çektiği yüklerin(*Pei*) toplamı (3) ifadesi ile bulunur, *Pe* değeri sabittir, birim zamanda şebekeden çekilen yük ise değişmektedir, bu yükler *Pe* ile aynı periyotta (240x122) (4) matrisi ile oluşturulur ve her bir satır için toplamlar *P(n,1)* (5) ile tanımlanır. Uygunluk fonksiyonu *Pe* ve P*(n,1)* toplamıdır ve P*opt* (6) ile ifade edilir.

$$topt = [1081 \quad 1082 \quad 1083 \cdots 1440] \tag{1}$$

$$ts = [1081 \quad 1082 \quad 1083 \cdots 1320] \tag{2}$$

$$Pe = \sum_{i=1081}^{1320} Pei \tag{3}$$

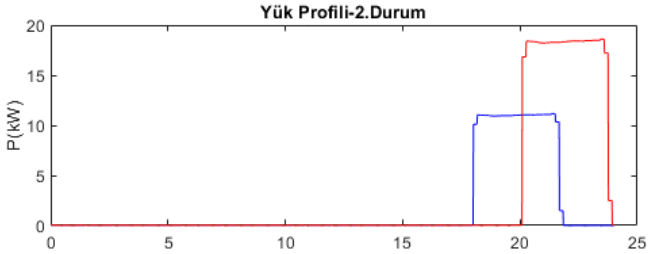
$$\mathrm{P(n,\ m)} = \begin{bmatrix} P1081 & P1082 & \dots & P1201 \\ P1082 & P1083 & \cdots & P1202 \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ P1320 & P1321 & \dots & P1440 \end{bmatrix} \tag{4}$$

$$\mathrm{P(n,\ 1)} = \sum_{n=1}^{240} Pn1 \tag{5}$$

$$\mathrm{Popt{=}P\ (n,\ 1)\ {+}Pe} \tag{6}$$

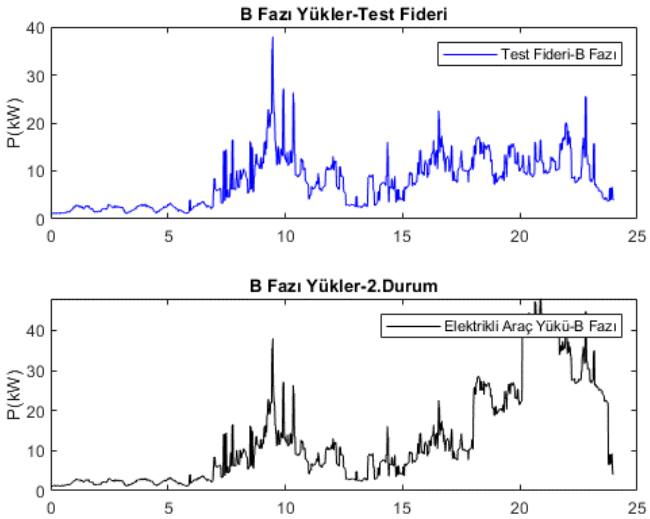
Matlab ’da veriler tanımlandıktan sonra (3) , (4) ve (5) dataları ile başlangıç toplumu ve uygunluk fonksiyonu (fitness function) (6) oluşturulur ve genetik algoritma komutu [x fval] = ga(@fitnessfun, nvars, options) (Sivanandam ve Deepa, 2007) uygulanır. Fval uygunluk fonksiyonunun minimum değerini, x ise fval sonucu için en uygun değişkeni verir. Ga genetik algoritma fonksiyonunu, nvars değişken sayısını ve fitnessfun ise uygunluk fonksiyonunu tanımlamaktadır.

Optimizasyon işlemi sonrası uygun olan başlangıç noktasına, elektrikli araç yük profili eklenir ve her araç için işlem tekrarlanır. Elde edilen yeni yük profilleri Şekil 9’da belirtilmiştir.



Şekil 9. Elektrikli Araç Yükü

3.2.1 B Fazı Yük Değişimi



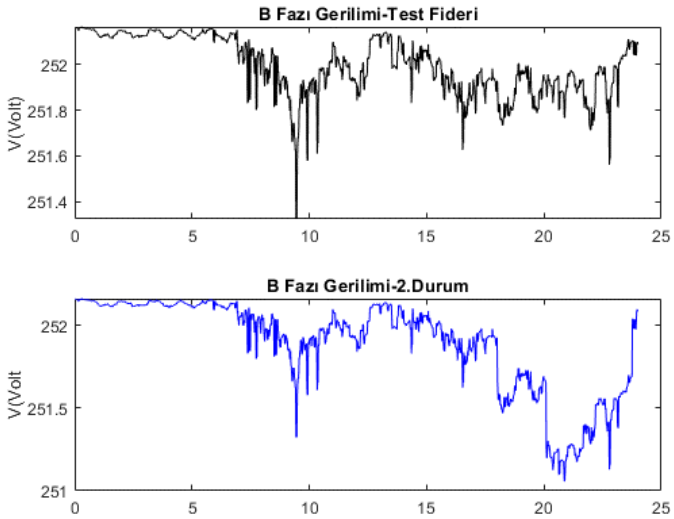
Şekil 10. 2.Durum Ana Hat B Fazı Yükleri

Durum 2 için 24 saatlik B Fazı yük grafikleri Şekil 10'da ve sonuçları Tablo 2'de belirtilmiştir.

Tablo 2. Durum 2 Analiz Sonuçları

Saat	Toplam Tüketim(kWh)	Maksimum (kW)	Yük Kaybı (kWh)	Max Yük Kaybı (kW)	Hat Kayıpları(kW)
24	636	72	11	3	11

3.1.2 B Fazı Gerilim Değişimi



Şekil 11. 2.Durum Ana Hat B Fazı Gerilimleri

4. SONUÇ

Bu çalışmada 1.durumda IEEE Avrupa Alçak Gerilim test Fiderinin 400 den 408 nolu baralarına kadar 8 adet elektrikli araç eş zamanlı bağlanmıştır. Araçların, baraların aynı fazına bağlandığı ve yük profillerinin aynı olduğu kabul edilmiştir. Farklı yük profilleri farklı baralara ve fazlara bağlanılabilir. 1.durum OpenDSS programında analiz yapılmış ve sonuçlar kaydedilmiştir. 2. Durumda yük profillerinin yerleri Matlab programında Genetik Algoritma ile bulunarak, OpenDSS programında analiz edilmiştir. Şarj sırasında en düşük gerilim saat 20:54 de gerçekleşmiş olup 251,59V olarak ölçülmüştür, yüksüz durumda aynı saatteki gerilim değeri 251,767V olarak kaydedilmiştir. Gerilim düşümü ve güç aşımı olmadığı için lokasyon ve tesis kapasitesi şarj bağlantıları için uygundur. 2.durumda optimizasyon aralığı çok küçük seçilmesine rağmen Tablo 3'de görüldüğü gibi 1kW daha az kayıp gerçekleşmiştir. Ölçüm aralığında yine 2.durumda minimum voltaj değeri daha yüksek bulunmuştur. Genetik Algoritma ile elektrikli araç şarj istasyonlarının optimize edilmesi elektrik dağıtım şebekesine olumlu etkiler sağlamaktadır.

Tablo 3. Karşılaştırma

Fider	Saat	Min. Gerilim V	Top.Tüketim (kWh)	Max. (kW)	Yük Kaybı (kWh)	MaxYük Kaybı (kW)	Hat Kayıpları (kW)
Test Fideri	24	251,562	522	64	5	2	5
1.Durum	24	251,025	637	78	12	3	12
2.Durum	24	251,059	636	72	11	3	11

KAYNAKLAR

Aksoy, L. (2009), "The impact of electric vehicles on electricity consumption", *ELECO 2009 - 6th International Conference on Electrical and Electronics Engineering*, ss. 357–359.

Alonso M., Amaris H., Germain J.G., Galan J.M., (2014), "Optimal charging scheduling of electric vehicles in smart grids by heuristic algorithms", *Energies*, 7(4), ss. 2449–2475. doi: 10.3390/en7042449.

Elmehdi, M. ve Abdelilah, M. (2019) "Genetic algorithm for optimal charge scheduling of electric vehicle fleet", ACM International Conference Proceeding Series, Part F1481. doi: 10.1145/3320326.3320329.

IEEE Test Feeder Working Group, (2020), *PES Test Feeder, IEEE PES AMPS DSAS Test Feeder Working Group*. Available at: https://site.ieee.org/pes-testfeeders/resources/ (Erişim: 18 Kasım 2020).

Rata, M. *vd.*, (2019), "The electricalvehicle simulator for charging station in mode 3 of IEC 61851-1 standard", *Energies*, 13(1), ss. 1–9. doi: 10.3390/en13010176.

Sivanandam, S. N. ve Deepa, S. N., (2007), "Genetic Algorithm Implementation Using Matlab", *Introduction to Genetic Algorithms*, ss. 211–262. doi: 10.1007/978-3-540-73190-0_8.

Şenel, S., (2006), *Genetik Algoritmalar İle Enerji İletim Kayıpları ve Saatlik Yakıt Giderleri Optimizasyonu*. Avaiable at: https://polen.itu.edu.tr/bitstream/11527/1410/1/ (Erişim: 08 Kasım 2020).

Thompson, M. P., Hamann, J. D. ve Sessions, J. (2009) "Selection and Penalty Strategies for Genetic Algorithms Designed to Solve Spatial Forest Planning Problems", *International Journal of Forestry Research*, 2009, ss. 1–14. doi: 10.1155/2009/527392.

UK Power Networks, (2015), *SmartMeter Energy Consumption Data in London Households, Lodon Data Store*. Available at: https://data.london.gov.uk/dataset/smartmeter-energy-use-data-in-london-households (Erişim: 12 Kasım 2020).

Yapıcı, R., Güneş, D. ve Yörükeren, N., (2016), "ELEKTRİKLİ Şarjİstasyonlarinin Dağitim Şebekesine Olası Etkileri", ss. 21–27.

ÇANKIRI'DAN ALINMIŞ JİPS ($CaSO_4.2H_2O$) MİNERALİNİN LÜMİNESANS ÖZELLİKLERİ VE OPTİK UYARMANIN TERMOLÜMİNESANS SİNYALLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Mehmet Altay ATLIHAN
Pamukkale Üniversitesi/Fen-Edebiyat Fakültesi/Fizik Bölümü
aatlihan@pau.edu.tr

Özet
Minerallerin lüminesans özelliklerinin incelenmesi retrospektif dozimetre uygulamaları olan kaza dozimetresi ve yaş tayini çalışmaları açısından önem arz etmektedir. Ayrıca mineralin soğurduğu radyasyon miktarıyla kristal yapısındaki tuzak-yük ilişkisinin araştırılması mineral karakterizasyonu çalışmalarına ve yeni dozimetrik malzeme araştırmalarına önemli bir katkı sağlamaktadır. Bu çalışmada Çankırı'dan alınmış Jips mineralinin IRSL (Kızılötesi Işık Uyarımlı Lüminesans), BLSL (Mavi Işık Uyarımlı Lüminesans) ve TL (Isı Uyarımlı Lüminesans veya Termolüminesans) sinyalleri birlikte incelenmiştir. Optik Uyarmalı Lüminesans (OSL) için uyarma kaynağı olarak hem kızılötesi (IR) ışık hem de mavi (BL) ışık kullanılmıştır. Mineralin ışınlanmasında radyasyon kaynağı olarak beta ışını kullanılmıştır. Gözlem sonucunda 110, 175 ve 375^{o}C' lerde gözlenen TL piklerinin IR ve BL uyarımdan farklı derecelerde etkilendiği anlaşılmıştır. Özellikle, mavi uyarımın 110^{o}C pikini IR uyarıma göre 6 kat daha fazla oranda boşalttığı gözlemlenmiştir. 375^{o}C civarında çıkan pikin ise optik olarak boşaltılamadığı sinyal şiddetinin düşük de olsa gözlenmeye devam ettiği görülmüştür. 110^{o}C pikinin üç uyarım tipine de hassas olan ortak bir tuzaktan kaynaklandığı söylenebilir. Ayrıca, Jips mineralinin lüminesans çalışmaları açısından araştırmaya uygun olduğu ve üç uyarım (TL, BLSL, IRSL) şekline de hassas bir şekilde cevap verdiği anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Lüminesans, Termolüminesans, Radyasyon, Dozimetre, Jips

LUMINESCENCE CHARACTERISTICS OF GYPSUM ($CaSO_4.2H_2O$) MINERAL OBTAINED FROM ÇANKIRI AND THE EFFECT OF OPTICAL STIMULATIONS ON THERMOLUMINESCENCE SIGNALS

Abstract
Investigation of the luminescence properties of minerals is very important in terms of retrospective dosimeter applications, accident dosimetry and age determination studies. In addition, the investigation of the trap-charge relationship in the crystal structure with the amount of radiation absorbed by the mineral makes an important contribution to mineral characterization studies and new dosimetric material research. In this study, the IRSL (Infrared Light-Stimulated Luminescence), BLSL (Blue Light-Stimulated Luminescence) and TL (Heat-Excited Luminescence or Thermoluminescence) signals of the Gypsum mineral taken from Çankırı were examined together. Both infrared (IR) light and blue (BL) light were used as the excitation source for Optically Stimulated Luminescence (OSL). Beta irradiation was used as the radiation source for the irradiation of the mineral. As a result of the observation, it was understood that the TL peaks observed at 110, 175 and 375^{o}C were affected by IR and BL stimulation in different degrees. In particular, it has been observed that blue stimulation discharges the 110^{o}C peak 6 times more than IR stimulation. It was observed that the peak around 375^{o}C could not be discharged optically and the signal intensity continued to be observed even if it was low. It can be said that the 110^{o}C peak is caused by a common trap that is sensitive to all three types of stimulation. Moreover, it has been found that the mineral Gypsum is suitable for the study in terms of luminescence researches and the mineral gives sensitively signal response to the used three forms of stimulation (TL, BLSL, IRSL).

Key Words: Luminescence, Thermoluminescence, Radiation, Dosimeter, Gypsum

1. GİRİŞ

Dozimetri, fizik biliminin bir alt dalı olup, direkt veya dolaylı olarak radyasyona maruz kalmış bir malzemenin veya canlı dokunun almış olduğu ışıma miktarının ölçülmesi ve hesaplanması tekniğidir. Radyasyona duyarlı olan birçok madde vardır. Bunların bir kısmı radyasyona maruz kaldıklarında soğurdukları doz miktarıyla orantılı olarak değişen ve ölçülebilir özelliklere sahiptirler. Bu tarz maddeler radyasyon dozimetreleri olarak kullanılabilir. Dozimetreler, radyoaktif ortamlarda çalışanların, nükleer enerji santrallerinin çevrelerinin, tıp alanında çalışan ve hastaların maruz kaldıkları ışıma doz ve hızının ölçülmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Radyasyona maruz kalan bazı malzemelerin kristal yapılarındaki tuzaklar (yapı kusurları) elektronlarla dolar. Bunlar ısı veya ışıkla uyarılırsa tuzaklanan elektronlar serbest kalır ve ışık (lüminesans) yayılımına neden olurlar. Tuzaklardan elektron sökmek amacıyla ısı veya ışık kullanımı sonucunda oluşan lüminesans, sırasıyla, termolüminesans (TL) ve optik uyarmalı lüminesans (OSL) olarak isimlendirilir. Uyarma sonucu gözlemlenen lüminesans şiddeti, tuzaklarda biriken elektron sayısıyla, bu sayı numunenin soğurduğu radyasyon dozuyla orantılıdır. Dolayısıyla lüminesans şiddeti ile farklı miktarlarda verilen dozlar ölçeklendirilerek numunenin maruz kaldığı herhangi bir radyasyon miktarı belirlenebilir. İyonize radyasyon dozimetrisi, retrospektif dozimetri ve arkeolojik/jeolojik malzemelerin tarihlendirilmesinde lüminesans yöntemler yaygın olarak kullanılmaktadırlar.

Doğada sıklıkla bulunabilen feldspat ve kuvars gibi dozimetrik özellik gösterebilen mineraller retrospektif doz çalışmalarında (tarihlendirme-kaza dozimetresi) sıklıkla kullanılmaktadır. Fakat bu minerallerin bolluğunun oldukça düşük olduğu yerler de bulunmaktadır. Bu amaçla bu minerallerin dışında karbonat, klorit ve sülfat içeren mineraller de lüminensans tarihlendirme çalışmalarında kullanılabilirlik açısından oldukça önemlidir. Bu minerallerden biri Jips mineralidir.

Beyaz renkli ve bir kimyasal tortul taş olan jips, alçıtaşı olarak da isimlendirilir. Alçıtaşı doğada altı türde bulunmaktadır. Bunlar; Jips, Anhidrit, İpek Jipsi Bassanit, Albatr, ve Selenit'tir. Jips minerali kalsiyum sülfat dihidrattan oluşan yumuşak bir sülfat mineralidir ve kimyasal formül $CaSO4 \cdot 2H2O$'dur (Klein vd. 1985). Tortul kayaçlarla birlikte kalın ve geniş evaporit yataklarına sahip yaygın bir mineraldir. Şekil 1'de jips minerali gösterilmektedir. Doğada renksiz, saydam, beyaz, gri, sarımsı, kırmızı, kahve, siyah, şeffaf-yarı şeffaf, çizgi rengi beyaz olarak bulunur.Bununla birlikte genelde beyaz veya beyazımsı kül rengindedir. Jipsin içindeki yabancı maddeler jipse ve ondan elde edilecek alçıya da renk verirler.



Şekil 1. Jips mineralinin görüntüsü.

Çok eski devirlerde Jipsi ısıtarak alçıya çevirdikten sonra başta Mısırlılar olmak üzere Asurlu'lar, Çinliler, Yunanlı'lar ve Romalı'lar kullanmışlardır. Günümüzde Jips genellikle yapı alçısı üretimi, endüstriyel kullanım (çimento üretimi, sondaj, kalıpçılık, cam, hayvan yemi, böcek ilacı, tutkal, boya, plastik üretimi, gıda, eczacılık vb.) ve toprak kalitesini arttırmak için zirai amaçlı olarak kullanılmaktadır.

Alçıtaşı göl ve deniz suyunda, kaplıcalarda, volkanik buharlardan ve damarlardaki sülfat solüsyonlarından birikir ve damarlardaki hidrotermal anhidrit genellikle yüzeye yakın maruziyetlerde yeraltı suyu ile hidratlanır ve genellikle halit ve kükürt mineralleriyle ilişkilendirilir (Howie vd. 1992). Saf alçıtaşı beyazdır, ancak safsızlık olarak bulunan diğer maddeler yerel birikintilere geniş bir renk yelpazesi verebilir. Anadolu'da kaya tuzu ile birlikte bilhassa yukarı Kızılırmak bölgesinde büyük kayalar hâlinde bulunur. Lakshmanan (2005) Jips ve bazı kalsitli, sülfatlı minerallerin Termolüminesans özelliklerini ve basıncın onların üzerine etkisini araştırmıştır. Çalışmasında 200-300 ^{o}C arasında yayvan bir TL piki gözlenmemiştir. Mahan ve Kay (2012) Jips mineralini kullanarak OSL tarihlendirme tekniklerine dayalı New Mexico ve Texas'tan alınan örnekler üzerinde bir vaka çalışması yapmıştır. Park vd. (2010) USA ve Japonya dan temin edilen Jips mineral bloklarının termal özelliklerini detaylı olarak artan sıcaklıklara karşı analiz etmiştir. Oda sıcaklığında pek bir farkın olmadığını fakat artan sıcaklıklara karşı bu minerallerin farklı davranışlar sergileyebileceğini göstermiştir.

Bu çalışmada Çankırı çevresinden alınmış jips mineralinin bazı lüminesans özellikleri araştırılmıştır. Bu amaçla optik uyarımlı lüminesans (OSL) ve termal uyarımlı lüminesans (TL) teknikleri kullanılarak mineralin bazı dozimetrik davranışları incelenmiştir. Optik uyarma olarak mavi ışıkla (BLS) ve kızıl ötesi ışıkla (IRS) uyarma yapılmıştır. Mavi ışık uyarımlı lüminesans (BLSL) ve kızıl ötesi uyarımlı lüminesans (IRSL) sinyalleri ile TL sinyalleri arasındaki etkileşim araştırılarak mineralin kristal yapısındaki lüminesans merkezleri incelenmiştir..

2. MATERYAL VE METOD

Çalışmamızda kullanılan numuneler hassas bir şekilde laboratuvarda zayıflatılmış kırmızı ışık altında agat havan kullanılarak 90-140 mikron boyutlarında yumuşak bir şekilde ezilmiş ve elenmiştir. Elenen numuneler 6 miligram olacak şekilde 1cm^2'lik çelik diske koyulmuştur. Numuneye herhangi bir kimyasal işlem uygulanmamıştır. Fakat olası manyetik bileşen katkısı örnekler üzerinde mıknatıs gezdirilerek giderilmiştir. Hazırlanan disk için Tablo1'deki ölçüm protokülü uygulanmıştır. Işınlama ve tüm lüminesans ölçümleri için Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü'nde bulunan Riso TL/OSL cihazı kullanılmıştır. Cihazın içeriğinde doz hızı 0.114 Gy/s olan bir ^{90}Sr/^{90}Y kaynağı bulunmaktadır.

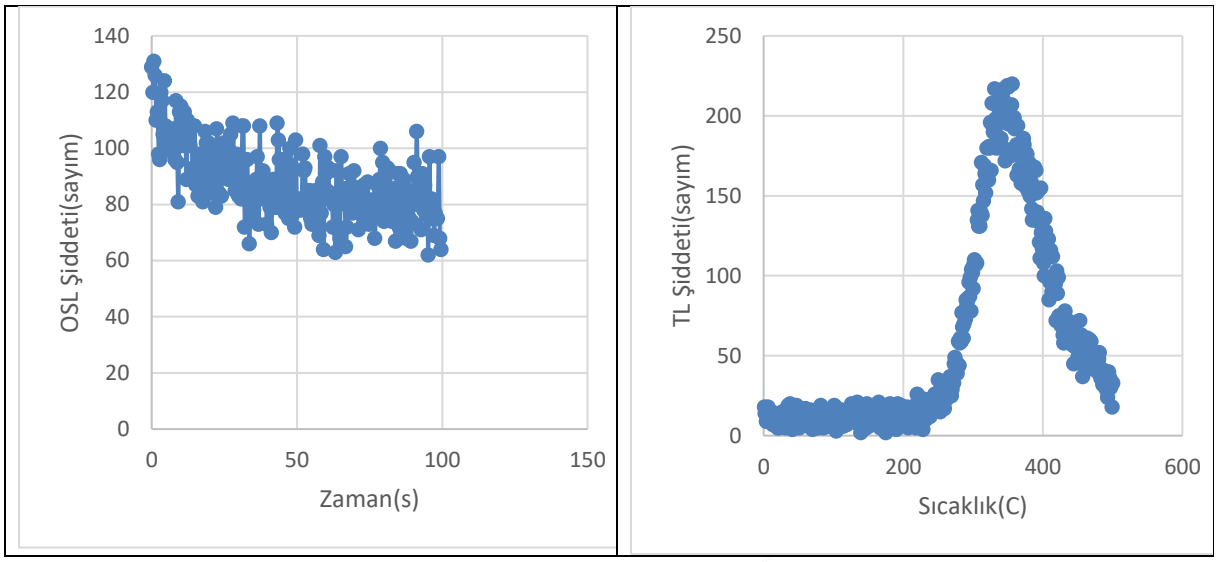
Tablo 1. Hazırlanan diske uygulanan ölçüm protokolü

Aşama-1	Oda sıcaklığında,100 s boyunca mavi ışıkla uyararak **BLSL** ölçümü		5^{o}C/s hızla 500^{0}C'ye kadar ısıtarak **TL** ölçümü	
Aşama-2	Beta ışınlamasıyla **70 Gy'lik doz** verilmesi	5^{o}C/s hızla 500^{0}C'ye kadar ısıtarak **TL** ölçümü	Beta ışınlamasıyla **70 Gy'lik doz** verilmesi	5^{o}C/s hızla 500^{0}C'ye kadar ısıtarak **TL** ölçümü
Aşama-3	Beta ışınlamasıyla **70 Gy'lik doz** verilmesi	Oda sıcaklığında, 200 s boyunca mavi ışıkla uyararak **BLSL** ölçümü		5^{o}C/s hızla 500^{0}C'ye kadar ısıtarak **TL** ölçümü
Aşama-4	Beta ışınlamasıyla **70 Gy'lik doz** verilmesi	Oda sıcaklığında, 200 s boyunca kızılötesi ışıkla uyararak **IRSL** ölçümü		5^{o}C/s hızla 500^{0}C'ye kadar ısıtarak **TL** ölçümü

3. SONUÇ

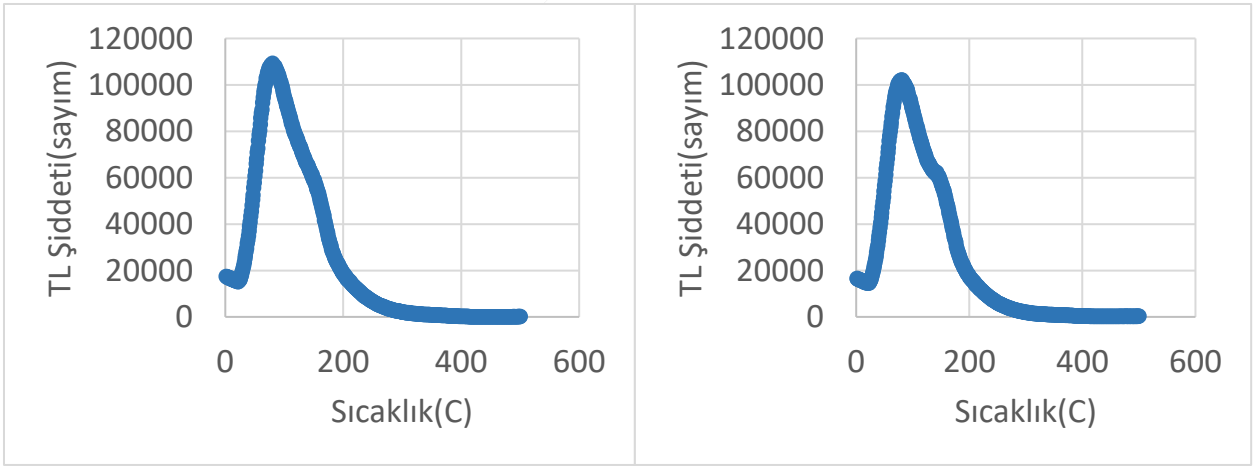
Termal veya optik uyarımlı lüminesans, önceden radyasyona maruz kalmış bir maddenin ısıtılması veya ışıkla uyarılması sonucu ışık yayma olayıdır. Bu olayın temeli maddenin kristal örgüsü içindeki tuzaklardaki elektronun kaymalarından kaynaklanır. Lüminesans çalışmaları radyasyon dozimetrisi ve yaş tayini çalışmalarında oldukça yaygın bir kullanıma sahiptir. Uyarılma ile ışık yayma arasında geçen zaman, tuzaklanan elektronun ömrü ve lüminesans ışık şiddeti, kristalin yapısına ve koşullarına göre değişken olabilir. Doğal minerallerden kuvars ve feldspat mineralleri iyi birer lüminesans malzemedir. Bunların dışında farklı minerallerinde bu tarz lüminesans özelliklerinin irdelenmesi radyasyon dozimetrisi ve yaş tayini çalışmalarında kullanılabilir malzemelerin çeşitliğinin arttırılması açsından son derece önemlidir.

Çalışmamızda kullanılan jips numunenin üzerindeki doğal ve yapay dozlara karşı OSL(BLSL ve IRSL) sinyalleri incelenmiş ve bu işlemlerin TL sinyalleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Şekil 3.1 (a)'da Doğal doz içeren örneklerin zayıfta olsa hem BLSL hem de TL sinyallerinin olduğu gözlenmiştir. Şekil 3.1 (b)'de 200-400 ºC arasında gözlenen TL piki Lakshmanan (2005)'deki çalışmasıyla ile uyumlu çıkmıştır fakat bu sinyalin optik uyarmadan etkilenmediği söylenebilir.



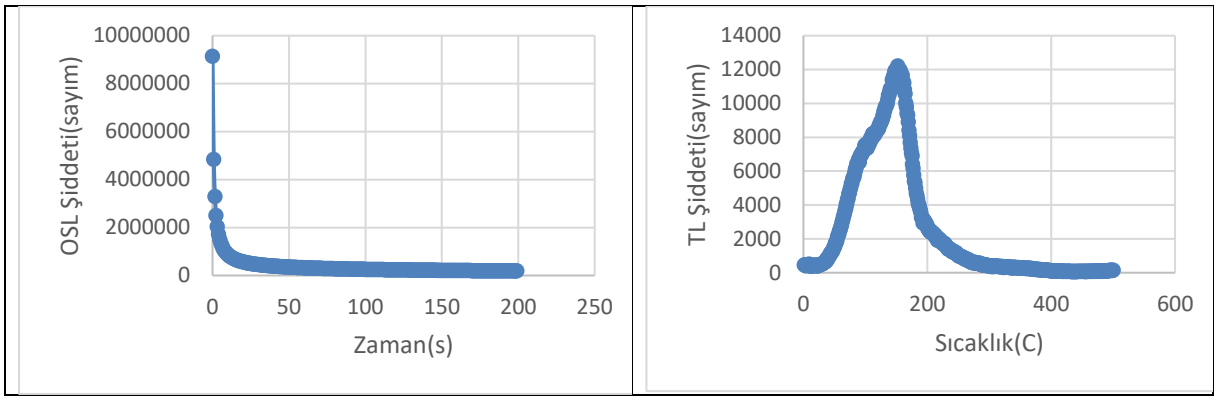
Şekil 2. (a), (b) Doğal (a) OSL ve (b) artık TL sinyalleri

İkinci aşamada 70Gy'lik doz verilmiş TL ölçümü yapılmış tekrar 70Gy'lik doz verilmiş ve TL ölçümü tekrarlanmıştır. Bu iki ölçüm sonucunda özdeş şekilde elde edilen TL ısı eğrileri Şekil 3.2 de verilmiştir. Isı eğrilerinin özdeş olması radyasyon dozuna duyarlı tuzakların ısıtılarak tamamen boşaldığını ve numunenin ısıtma-dozlama tekrarı sonucu TL karakterinin bozulmadığı anlaşılmıştır.



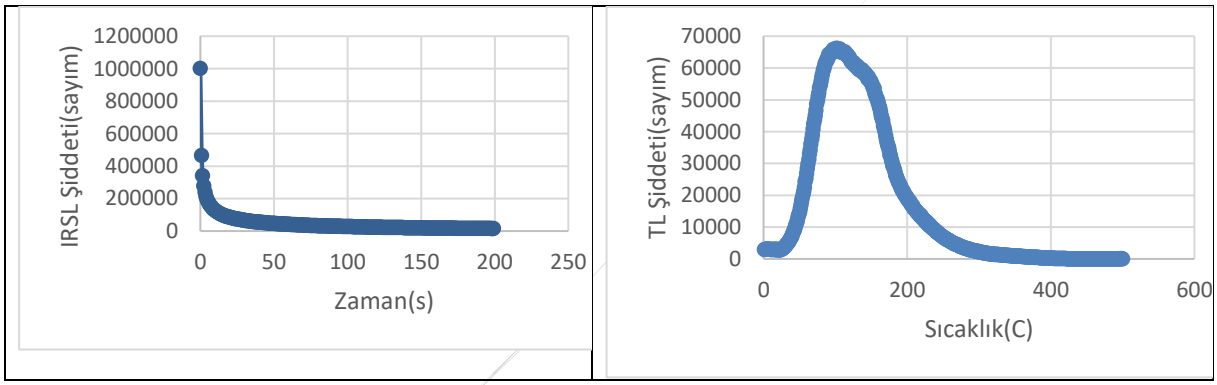
Şekil 3. (a), (b) 70 Gy doz verildikten sonra TL sinyali ve işlemin tekrarlanması sonucu elde edilen TL sinyali

Diske daha sonra 70 Gy'lik ışınlama yapılmış ve OSL sinyallerinin oldukça yüksek (10 milyon sayım) olarak çıktığı gözlenmiştir (Şekil 3.3 (a)). Bu durum için Jips mineralinin radyasyon dozuna oldukça hassas bir malzeme olduğu söylenebilir. Daha sonra uygulanan TL sinyalinde 100-200 ºC arasında bir TL pikinin daha ortaya çıktığı gözlenmiştir (Şekil 3.3 (b)). Şekil 3.3 (b)'de bu pikin iki tane TL sinyalinin süperpozisyonu şeklinde çıktığı açıkça görülebilmektedir. Ayrıca 100-200 ºC arasındaki TL pikinin optik olarak hassas olduğu söylenebilir.



Şekil 4. (a), (b) 70 Gy doz verildikten sonra (a) OSL ve (b) artık TL sinyalleri

Benzer olarak 70Gy doz verilen mineralin IRSL ölçümü yapılmıştır (Şekil3.4 (a)). Mineralin IR uyarım şekline de oldukça hassas bir cevap verdiği gözlenmektedir. Ancak sinyal şiddeti BLSL'ye göre 10 kat daha azdır. Sonrasında yapılan TL ölçümü soncunda 100-200 ºC arasında baskın bir TL pikin olduğu gözlenmektedir (Şekil3.3 (b)). Fakat bu uyarımdan sonra 100ºC'ye yakın olan TL omzunun 10 kat daha yüksek şiddete sahip olduğu görülmüştür. Bu durum 100ºC civarında çıkan pikin mavi ışığa göre daha hassas olduğunu göstermektedir.



Şekil 5.(a), (b) 70 Gy doz verildikten sonra (a) IRSL ve (b) artık TL sinyalleri

4. TARTIŞMA

Şekiller incelendiğinde Çankırı'dan alınarak çalışmamızda kullanılan Jips mineralinin hem optik hem de termal uyarıma karşı oldukça hassas bir mineral olduğu söylenebilmektedir. Aynı doza karşı mavi uyarımın cevabı, IR uyarıma göre yaklaşık 10 kat daha fazladır. Ayrıca sinyallerin optik olarak uyarıldığında ağartılabildiği gözlenmektedir. Çünkü 100 s'lik optik uyarmalarla sinyali %90'dan fazlasının boşaltılabildiği gözlenmiştir. 100 ºC, 100-200 ºC üst üste binmiş ve 200-400 ºC arasında TL piklerine sahip olduğu söylenebilmektedir. 100-200 ºC TL sinyalinin optik olarak hassas bir tuzak olduğu ve bu tuzak veya tuzakların hem optik hem de termal olarak aktive olabildiği gözlenmektedir. 100 ºC civarında oluşan pikin mavi ışığa kızıl ötesi ışığa göre daha hassas olduğu gözlenmiştir.

Bulgular sonucunda Jips mineralinin lüminesans dozimetri ve tarihlendirme çalışmalarında oldukça iyi bir alternatif mineral olduğunu söylemek mümkündür. Bu çalışmanın devamı olarak bu sinyallerin kökenlerinin, kinetik parametrelerinin ve dozimetrik özelliklerinin (sönüm, tekrarlanabilirlik, doz-cevap, hassasiyet, ağartma vb.) araştırılması gerekmektedir. Bu şekilde mineralin kaza dozimetresi ve yaş tayini çalışmalarında kullanılabilirliği gösterilebilir. Ayrıca, bu çalışmayla Jips mineralinin karakterizasyonunun araştırılması için yapılan çalışmalara ek bilgiler sunulmuştur.

KAYNAKLAR

HOWİE, R. A., ZUSSMAN, J. ve Deer, W. (1992). *An introduction to the rock-forming minerals* (p. 696). Longman.

KLEİN, C., CORNELİUS, S. ve HURLBUT, J. (1985), *Manual of mineralogy.*

LAKSHMANAN, A. R. (2005), Effect of pressure on the luminescence properties of gypsum, anhydrite, calcite and Dy doped CaSO4. *Radiation Measurements*, *39*(2), 235-240.

MAHAN, S. ve KAY, J. (2012), Building on previous OSL dating techniques for gypsum: A case study from Salt Basin playa, New Mexico and Texas. *Quaternary Geochronology*, *10*, 345-352.

PARK, S. H., MANZELLO, S. L., BENTZ, D. P. ve MİZUKAMİ, T. (2010), Determining thermal properties of gypsum board at elevated temperatures. *Fire and Materials*, *34*(5), 237-250.

ASIC IMPLEMENTATION OF AN AES ACCELERATED RISC-V BASED SYSTEM ON CHIP

Emre Gayir
University of Kocaeli, Anka Microelectronic System, Electronic and Communication Engineering,
emre.gayir@ankasys.com , gayiremre@gmail.com, ORCID:0000-0003-2350-7456

Gökhan Işık
Anka Microelectronic System
gokhan.isik@ankasys.com

İnan Erdem
Anka Microelectronic System
inan.erdem@ankasys.com

Ali Tangel
University of Kocaeli, Electronic and Communication Engineering,
atangel@kocaeli.edu.tr

Abstract
RISC-V is an open-source hardware instruction set architecture (ISA) which is gaining more and more attention in the ASIC world, due to its scalability and flexibility, allowing a high-performance, power-efficient CPU core that can be tailored according to application needs. An FPGA-prototyped implementation of RISC-V based System on Chip platform accelerated with AES encryption and decryption hardware module has been previously demonstrated. This paper aims to introduce the ASIC implementation flow of open source RISC-V System on Chip, which is accelerated with AES module. The ASIC flow was implemented using the technology library design kit, synthesis tool, back-end tool, static timing analysis tool and verification tool. It is believed that this case study would be useful for RISC-V based SoC developers.

Keywords: ASIC implementation, synthesis, back-end, verification, RISC-V, AES.

1. INTRODUCTION

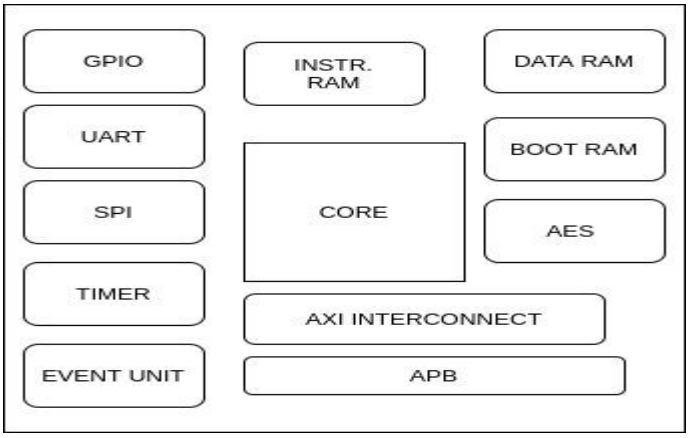


Figure 1 : Block diagram

If speed, area, and power has critical role in developing electronic circuits, application specific circuits come to mind. The development and usage of ASICs is widespread in the modern electronics market, including the areas of medical, automotive, military and aerospace, and communications devices.

One of the advantages of ASICs is that, all the hardware components such as CPU core, memory blocks, accelerated IPs come in one package. This paper demonstrates AES-accelerated RISC-V CPU(illustrated in Figure 1) based ASIC implementation flow .

2. DESIGN FLOW

In this part, we introduce the design flow steps (illustrated in Figure 2), which consists of the data preparation, synthesis, placement, routing, and finally static timing analysis stages.

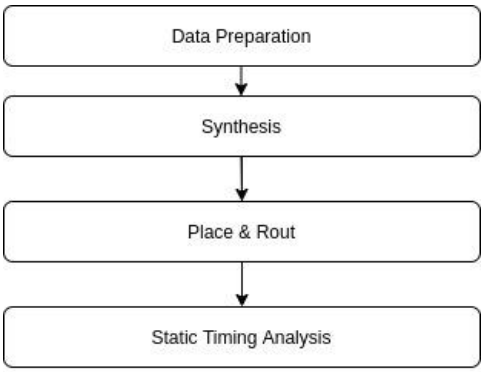


Figure 2 : ASIC Design Flow

2.1 Data Preparation

The starting point of an ASIC implementation was to prepare an efficient working environment. For this purpose, the related technology files were arranged and a part of RTL code was replaced with technology-related modules. Replaced parts cover the memory instantiation, and the input/output pad components instantiation in the RTL top design file. After replacement, RTL Level simulation was run for correctness of functionality.

2.2 Synthesis

The purpose of the synthesis process was to convert the design files into an equal functionality gate level description with specified power, clock and area constraints. As shown in Figure 3, the synthesis tool received the design RTL level description, design constraint file, and technology-related files, and generates a gate-level netlist and an .sdf file. The generated netlist consists of gates and macros. The .sdf file consists of delay of components and nets in the design. In the synthesis flow, the worst-case timing library was used to cover the worst setup timing constraint, and 40 MHz clock frequency was used with 0.2 ns uncertainty, 0.2 ns transition, and 0.15 ns source latency.

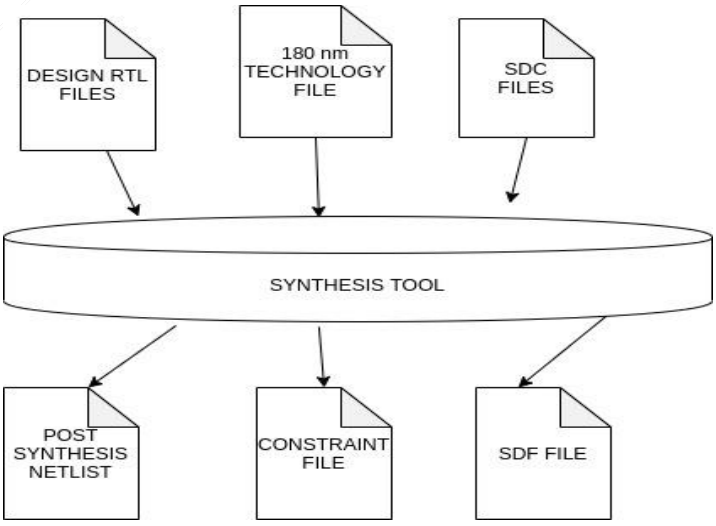


Figure 3 : Synthesis Process

Moreover, input/output latency was determined as 1 ns. Table 1 shows the area usage and the types of building blocks used after synthesis stage, under the conditions mentioned.

Table 1. Used number of cells, macros and I/O pads

	Number of Instance	Total Area
Standard cells	38573	830376.104
Input / Output Pads	19	131100.0
Macros	2	12773641.0

2.3 Place & Route

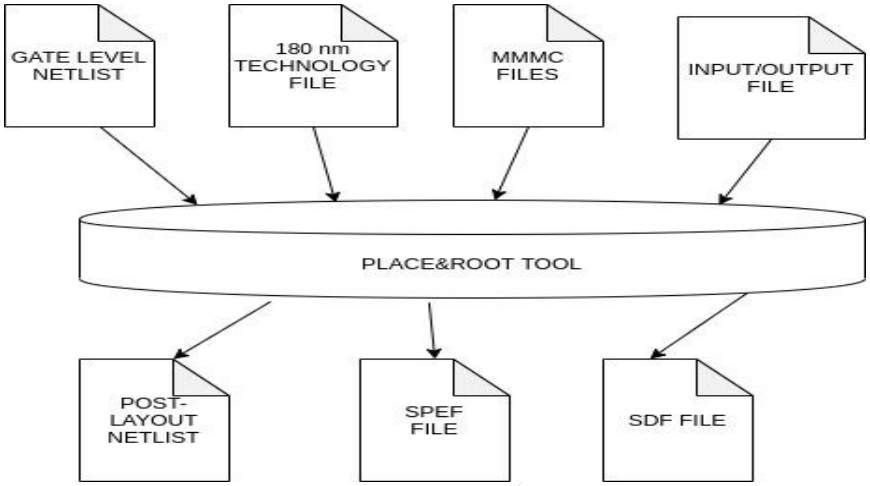


Figure4 : Place and Route Process

Back-end process involves the conversion of the logical gates into their physical equal representations. This process actually consists of several steps, including floorplanning, placement, clock tree synthesis, and routing. As shown in Figure 4, the Place&Root tool receives the related files, and performs the back-end process.

At the floorplanning stage, the core and die size, input and output pad placements, macros placements, and global nets was defined respectively. Time-driven standard cell placement operation was run at the placement stage. In the third stage, the clock tree synthesis, the clock tree was distributed to all sequential elements in design. The main idea in clock tree synthesis was to meet the clock tree constraints. The final stage was routing, in which the cells were connected to each other, and to the input and output pins.

The input multi mode multi corner (MMMC) file has three types of delay corners, including a combination of slow, typical and fast libraries of the standart logic library, the input/output pad library, and technology memory library. Additionally, the .io file defines the placement of input/output pads with 40 um skip and 1000 um offset from the left and right bottom corners of the die area. The floorplan size is 5250 um in x-direction and 5750 um in y-direction.

3. RESULT

The final generated layout is generated after all above stages as shown in Figure 5.

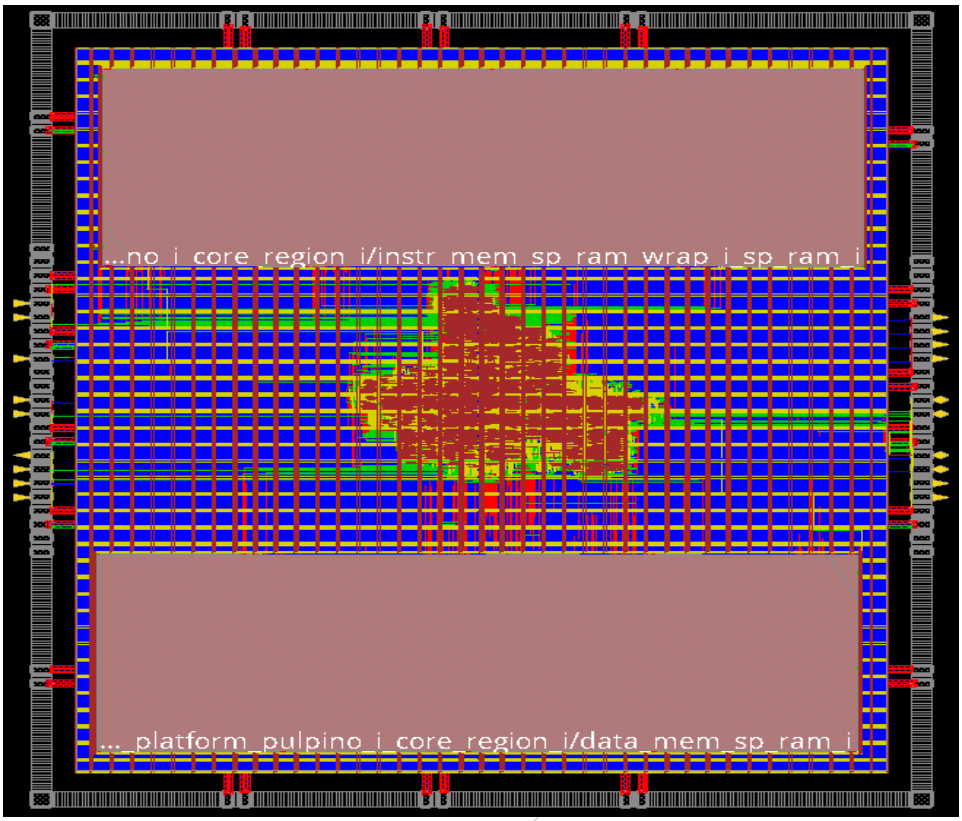


Figure 5 : Final Layout of AES accelerated RISC-V Core

4. DISCUSSION

The synthesis process was performed successfully with the 180 nm technology library, design files and constraint files including a 40 MHz clock constraint. The back-end design was performed with the generated synthesis netlist, technology files, input and output assignment files, and MMMC analysis file. After the back-end stage, static timing analysis ECO stage was run to fix the setup and hold violation. Finally the design layout was created with related constraint.

4. CONCLUSION

In this project, RISC-V combined with an AES IP ASIC design flow was implemented. All ASIC design flow imlemented to get final layout and the design layout was created with related constraint. DFT process and Signoff can be added to the project for future work. This project can be referance to SOC developers from both design and implementation perspective.

REFERENCES

Foundation, https://riscv.org/
Cadence, Genus User Guide.
Cadence, Innovus User Guide.
Mentor Graphics, Questa SIM User's Manual.

ON IMPORTANT IDENTITIES WITH BICOMPLEX LUCAS NUMBERS AND THEIR IDEMPOTENT REPRESENTATIONS

Şule Çürük
Pamukkale Uni. / Faculty of Sciences and Arts, Math. Depart.
sule9220@gmail.com

Serpil Halıcı
Pamukkale Uni. / Faculty of Sciences and Arts, Math. Depart.
shalici@pau.edu.tr

Abstract
In this study, definitions, properties and related concepts about bicomlex numbers are given. Idempotent representation of bicomplex numbers with Lucas number coefficients which are special number sequences is investigated. Also, with the help of base elements in set $\mathbb{BC}$, four different conjugate concepts of idempotent representation of bicomplex Lucas numbers are introduced. The norms of these numbers were investigated using these conjugates. And the relationship between conjugates has been studied. The recurrence relation of idempotent representation of bicomplex Lucas numbers is given. The generating function of these numbers were given and the relationships between these numbers were also examined. Moreover, some fundamental properties of these newly defined numbers were given. Using these relationships, some important and well known identities were derived, such as Cassini's, Catalan, Vajda and d'Ocagne identities.

Keywords: Bicomplex numbers, Idempotent representation, Lucas numbers, Recurrence relation.

1. INTRODUCTION

The bicomplex number system is more advantageous than quaternions in solving electromagnetism problems. These numbers were first noticed by Cockle when studying the solution of irrational equations [1]. Cockle defined a virtual unit j, inspired by the quaternions described by Hamilton [2], and defined any bicomplex b number as follows:

$$b = a_0 + a_1 i + a_2 j + a_3 ij; \quad j^2 = -1.$$

The bicomplex number system has all the properties of both real numbers and complex numbers together with the addition and multiplication operations defined on it. In 1892, Segre reconsidered the bicomplex numbers [14]. In later years Price [12] and Rönn [13] developed both the bicomplex theory and the bicomplex algebra. In the last decade, new studies have been obtained using bicomplex numbers. In 2012 Luna-Elizarrarás et al. studied the bicomplex basic functions, bicomplex algebra [9]. On the set of bicomplex numbers, $\mathbb{BC} = \{Z | Z = z_1 + jz_2;\ z_1, z_2 \in \mathbb{C}(i),\ j^2 = -1\}$ is an abelian ring according to the defined addition and multiplication, and there is a module on itself. Here, $\mathbb{C}(i)$ is a set of complex numbers, a subring of $\mathbb{BC}$. Hence, the $\mathbb{BC}$ set is a vector space on $\mathbb{C}(i)$. Operations on this algebraic structure are given as follows:

$$Z + U = (z_1 + jz_2) + (u_1 + ju_2) = (z_1 + u_1) + j(z_2 + u_2)$$

and

$$Z.U = (z + jw)(u + jv) = (z_1u_1 - z_2u_2) + j(z_1u_2 + u_1z_2).$$

When $z = x, w = iy$ is written in the number $Z = z + jw$, then $Z = x + jiy = x + ky$. And the set of such numbers, $\mathbb{D}$, is

$$\mathbb{D} = \{Z | Z = x + ky;\ \ x, y \in \mathbb{R},\ k \notin \mathbb{R}\}.$$

Bicomplex number Z can also be written as follows:

$$Z = \beta_1 e_1 + \beta_2 e_2$$

where e_1 and e_2 are hyperbolic numbers and ${e_1}^2 = e_1, \quad {e_2}^2 = e_2, \quad e_1 e_2 = 0, \quad e_1 + e_2 = 1.$ Thus, $\mathbb{BC}$ cannot be a division algebra. By using e_1 and e_2, the set $\mathbb{BC}$ can be written as.

$$\mathbb{BC} = e_1 X_1 + e_2 X_2$$

where

$$X_1 = \{z_1 - iz_2 | z_1, z_2 \in \mathbb{C}(i)\}\,,\ X_2 = \{z_1 + iz_2 | z_1, z_2 \in \mathbb{C}(i)\}.$$

It is seen that e_1 and e_2 are other idempotent elements than the idempotent elements obvious in this module $\mathbb{BC}$. These above equations facilitate the algebraic operations of the elements of the set $\mathbb{BC}$. Due to the property of the set $\mathbb{BC}$, it is possible to define four different conjugates. These conjugates are described in Luna's book as follows [10]. That is, for $b = z_1 + jz_2$

$$\bar{b} = a_1 - a_2 i - a_3 j - a_4 ij = \bar{z_1} - jz_2,$$

$$b_i = a_1 - a_2 i + a_3 j - a_4 ij = \bar{z_1} + j\bar{z_2},$$

$$b_j = a_1 + a_2 i - a_3 j - a_4 ij = z_1 - jz_2,$$

$$b_{ij} = a_1 - a_2 i - a_3 j + a_4 ij = \bar{z_1} - j\bar{z_2}.$$

The norm of the elements of the set $\mathbb{BC}$ is also defined differently due to different conjugates[10].

$$b\bar{b} = {a_1}^2 + {a_2}^2 + {a_3}^2 - {a_4}^2 + 2(a_3 a_4 i + a_2 a_4 j - a_2 a_3 ij),$$

$$bb_i = {a_1}^2 + {a_2}^2 - {a_3}^2 - {a_4}^2 + 2j(a_1 a_3 + a_2 a_4),$$

$$bb_j = {a_1}^2 - {a_2}^2 + {a_3}^2 - {a_4}^2 + 2i(a_1 a_2 + a_3 a_4),$$

$$bb_{ij} = {a_1}^2 + {a_2}^2 + {a_3}^2 + {a_4}^2 + 2ij(a_1 a_4 - a_2 a_3).$$

Any element b in $\mathbb{BC}$ can be written as follows:

$$b = \beta_1 e_1 + \beta_2 e_2 = (z_1 - iz_2)e_1 + (z_1 + iz_2)e_2.$$

This is called the idempotent representation of b element. This notation helps to characterize the b element. Here, $\beta_1 = z_1 - iz_2$ and $\beta_2 = z_1 + iz_2$ are called the idempotent coefficients of element b. According to the idempotent coefficients,

$$b_1 + b_2 = (\beta_1 + \delta_1)e_1 + (\beta_2 + \delta_2)e_2$$

$$b_1 b_2 = (\beta_1 \delta_1)e_1 + (\beta_2 \delta_2)e_2$$

$${b_1}^n = {\beta_1}^n e_1 + {\beta_2}^n e_2$$

can be written. So, the following equations can be written for b_i, b_j, b_{ij} conjugates:

$$b_i = \overline{\beta_2} e_1 + \overline{\beta_1} e_2,$$

$$b_j = \beta_2 e_1 + \beta_1 e_2,$$

$$b_{ij} = \overline{\beta_1} e_1 + \overline{\beta_2} e_2.$$

Therefore, the norm values of the elements in this set can be found using idempotent representation. If we calculate these norms, we find the following equations:

$$bb_i = \beta_1\overline{\beta_2}e_1 + \beta_2\overline{\beta_1}e_2,$$

$$bb_j = \beta_1\beta_2,$$

$$bb_{ij} = |\beta_1|^2 e_1 + |\beta_2|^2 e_2.$$

Our aim in this study is to study choosing from Lucas numbers which are special number sequences the coefficients of bicomplex numbers and obtain new identities. For this purpose, let's first remind the Lucas sequence. Lucas sequence, $\{L_n\}_{n\geq 0} = \{2, 1, 3, 4, 7, 11, 18, \dots\}$, is given by the following recursive relation:

$$L_{n+2} = L_{n+1} + L_n, \quad L_0 = 2,\ L_1 = 1.$$

The formula that gives the general term of the sequence is as follows[8]:

$$L_n = \alpha^n + \beta^n.$$

Generating function for the Lucas sequence is

$$\sum_{n=0}^{\infty} L_n\, x^n = \frac{2-x}{1-x-x^2}$$

where $\alpha = \frac{1+\sqrt{5}}{2}$ and $\beta = \frac{1-\sqrt{5}}{2}$ are the roots of the characteristic equation (For details see [10]). Now let's give some identities that Lucas numbers provide.

$$\sum_{i=1}^{n} L_i = L_{n+2} - 3 \quad ; \quad n \geq 1$$

$$\sum_{i=1}^{n} L_{2i} = L_{2n+1} - 1; \quad n \geq 1$$

$$\sum_{i=1}^{n} {L_i}^2 = L_n L_{n+1} - 2 \quad ; \quad n \geq 1$$

2. IDEMPOTENT REPRESENTATION FOR NUMBERS $\mathbb{BC}_L$

Two different bicomplex number sequnces whose coefficients are from Fibonacci and Lucas sequences are defined as follows, respectively[11]:

$$\mathbb{BC}_F = \{f_n + f_{n+2}j :\ f_n = F_n + iF_{n+1}, \qquad j^2 = -1\}$$

and

$$\mathbb{BC}_L = \{l_n + l_{n+2}j :\ l_n = L_n + iL_{n+1}, \qquad j^2 = -1\}.$$

These sequences are written as

$$\{\mathbb{BC}_F\}_{n\geq 0} = \{Q_0, Q_1, Q_2, \dots, Q_n, \dots\},$$

and

$$\{\mathbb{BC}_L\}_{n\geq 0} = \{K_0, K_1, K_2, \dots, K_n, \dots\}.$$

respectively. Any element K_n in $\mathbb{BC}_L$ is written

$$K_n = \alpha_n e_1 + \beta_n e_2$$

where $\alpha_n = l_n - il_{n+2}$, $\beta_n = l_n + il_{n+2}$. Thus, the operations of $\mathbb{BC}_L$ are

$$K_n + K_m = (\alpha_n + \alpha_m)e_1 + (\beta_n + \beta_m)e_2,$$

$$K_n K_m = \alpha_n \alpha_m e_1 + \beta_n \beta_m e_2$$

Here, we note that

$$\alpha_n + \alpha_m = 2(L_{n+2} + L_{m+2}) - i(L_n + L_m),$$

$$\beta_n + \beta_m = -2(L_{n+1} + L_{m+1}) + i(L_{n+3} + L_{m+3}),$$

$$\alpha_n \alpha_m = (4L_{n+2}L_{m+2} - L_n L_m) - 2i(L_{n+2}L_m + L_n L_{m+2}),$$

$$\beta_n \beta_m = (4L_{n+1}L_{m+1} - L_{n+3}L_{m+3}) - 2i(L_{n+1}L_{m+3} + L_{n+3}L_{m+1}).$$

In the following corollary, we give a recurrence relation which is provided between the elements of the sequence $\{\mathbb{BC}_L\}_{n\geq 0}$.

Corollary 1: For $n \geq 0$, we have

$$K_{n+2} = K_{n+1} + K_n \tag{1}$$

where,

$$K_0 = \alpha_0 e_1 + \beta_0 e_2, \quad K_1 = \alpha_1 e_1 + \beta_1 e_2, \tag{2}$$

Proof: From the definition of bicomplex Lucas numbers, the following formula can be written.

$K_n = l_n + jl_{n+2} = (l_n - il_{n+2})e_1 + (l_n + il_{n+2})e_2 = \alpha_n e_1 + \beta_n e_2.$

For the coefficients α_n and β_n, we have

$$\alpha_{n+2} = \alpha_{n+1} + \alpha_n \text{ and } \beta_{n+2} = \beta_{n+1} + \beta_n.$$

Also, $\alpha_0 = 6 - 2i$, $\alpha_1 = 8 - i$, $\beta_0 = -2 + 4i$, $\beta_1 = -6 + 7i$.

With the help of last equations, the correctness of the desired claim between the elements of the sequence $\{\mathbb{BC}_L\}_{n\geq 0}$ can be seen. That is,

$$K_{n+2} = K_{n+1} + K_n.$$

In addition, the following equalities are also provided for the elements K_n :

$(K_n)_i = \overline{\beta_n}e_1 + \overline{\alpha_n}e_2; \quad (K_n)_j = \beta_n e_1 + \alpha_n e_2; \quad (K_n)_{ij} = \overline{\alpha_n}e_1 + \overline{\beta_n}e_2.$

Corollary 2. For the element K_n , we have

$$|K_n|_i^2 = K_n(K_n)_i = (\alpha_n e_1 + \beta_n e_2)(\overline{\beta_n}e_1 + \overline{\alpha_n}e_2) = \alpha_n\beta_n e_1 + \beta_n\overline{\alpha_n}e_2,$$

$$|K_n|_j^2 = K_n(K_n)_j = (\alpha_n e_1 + \beta_n e_2)(\beta_n e_1 + \alpha_n e_2) = \alpha_n\beta_n,$$

$$|K_n|_{ij}^2 = K_n(K_n)_{ij} = (\alpha_n e_1 + \beta_n e_2)(\overline{\alpha_n}e_1 + \overline{\beta_n}e_2) = |\alpha_n|^2 e_1 + |\beta_n|^2 e_2.$$

Theorem 1. For the element of $\{\mathbb{BC}_L\}_{n\geq 0}$ we have

$$K_n = \frac{1}{\sqrt{5}}\{(\alpha_1 - \beta\alpha_0)\alpha^n + (\alpha\alpha_0 - \alpha_1)\beta^n\}e_1 + \frac{1}{\sqrt{5}}\{(\beta_1 - \beta\beta_0)\alpha^n + (\alpha\beta_0 - \beta_1)\beta^n\}e_2.$$

Proof: Using the equations $\alpha_{n+2} = \alpha_{n+1} + \alpha_n$ and $\beta_{n+2} = \beta_{n+1} + \beta_n$, we obtain the following equation.

$$K_{n+2} = \alpha_{n+2}e_1 + \beta_{n+2}e_2.$$

The general solution of the recurrence relation of α_n is as follows:

$$\alpha_n = A\alpha^n + B\beta^n.$$

In here, $A = \frac{\alpha_1 - \beta\alpha_0}{\alpha - \beta}$, $B = \frac{\alpha\alpha_0 - \alpha_1}{\alpha - \beta}$. If these values are replaced in the general solution of α_n, we get the following equation:

$$\alpha_n = \frac{1}{\sqrt{5}}[(\alpha_1 - \beta\alpha_0)\alpha^n + (\alpha\alpha_0 - \alpha_1)\beta^n].$$

$$\alpha_n = \frac{1}{\sqrt{5}}(A_1\alpha^n + B_1\beta^n). \quad (4)$$

Where $\alpha_0 = 6 - 2i$ and $\alpha_1 = 8 - i$ are the initial values of equality (4). Similarly, β_n is as follows:

$$\beta_n = \frac{1}{\sqrt{5}}(A_2\alpha^n + B_2\beta^n). \quad (5)$$

Where $\beta_0 = -2 + 4i$ and $\beta_1 = -6 + 7i$ are the initial values of equality (5). Thus, using the equations α_n and β_n, the following equation is obtained:

$$K_n = \frac{1}{\sqrt{5}}[(A_1\alpha^n + B_1\beta^n)e_1 + (A_2\alpha^n + B_2\beta^n)e_2].$$

Hence, the proof is completed.

Theorem 2. For elements in the sequence $\mathbb{BC}_L$, we have

$$K_{n-1}K_{n+1} - {K_n}^2 = 15j(-1)^n(2 + i).$$

Proof: If we apply the Binet formula, $K_{n-1}K_{n+1} - {K_n}^2$ is:

$$\frac{1}{5}[\{(A_1\alpha^{n-1} + B_1\beta^{n-1})(A_1\alpha^{n+1} + B_1\beta^{n+1}) - (A_1\alpha^n + B_1\beta^n)^2\}e_1 + \{(A_2\alpha^{n-1} + B_2\beta^{n-1})(A_2\alpha^{n+1} + B_2\beta^{n+1}) - (A_2\alpha^n + B_2\beta^n)^2\}e_2].$$

Taking the necessary simplifications , we obtain the following equation. That is, $K_{n-1}K_{n+1} - {K_n}^2$ is

$$\frac{1}{5}[A_1B_1(\alpha^{n-1}\beta^{n+1} + \alpha^{n+1}\beta^{n-1} - 2\alpha^n\beta^n)e_1 + A_2B_2(\alpha^{n-1}\beta^{n+1} + \alpha^{n+1}\beta^{n-1} - 2\alpha^n\beta^n)e_2].$$

If the A_1B_1 and A_2B_2 values are calculated and written instead, we obtain the following equation:

$$K_{n-1}K_{n+1} - {K_n}^2 = 15j(-1)^n(2 + i).$$

Thus, the proof is complete.

Theorem 3. For elements in the sequence $\mathbb{BC}_L$, we have

$$K_{n+m}K_{n-m} - {K_n}^2 = 15j(-1)^{n-m}{F_m}^2(2+i).$$

Proof: Let's use the Binet formula. ${K_{n+m}K_{n-m} - K_n}^2$ is

$$\frac{1}{5}[\{(A_1\alpha^{n+m} + B_1\beta^{n+m})(A_1\alpha^{n-m} + B_1\beta^{n-m}) - (A_1\alpha^n + B_1\beta^n)^2\}e_1$$

$$+\{(A_2\alpha^{n+m} + B_2\beta^{n+m})(A_2\alpha^{n-m} + B_2\beta^{n-m}) - (A_2\alpha^n + B_2\beta^n)^2\}e_2].$$

If the necessary simplifications are taken,

$$\frac{1}{5}[A_1B_1(-1)^{n-m}(\alpha^m - \beta^m)^2e_1 + A_2B_2(-1)^{n-m}(\alpha^m - \beta^m)^2e_2]$$

is obtained. When the A_1B_1 and A_2B_2 values are calculated and written instead,

$$K_{n+m}K_{n-m} - {K_n}^2 = 15j(-1)^{n-m}{F_m}^2(2+i).$$

is obtained. Thus, the proof is complete.

Theorem 4. For elements in the sequence $\mathbb{BC}_L$, we have

$$K_mK_{n+1} - K_nK_{m+1} = F_{n-m}(-1)^m 15j(2+i).$$

Proof: Let's use the Binet formula. $K_mK_{n+1} - K_nK_{m+1}$ is

$$\frac{1}{5}[(A_1\alpha^m + B_1\beta^m)(A_1\alpha^{n+1} + B_1\beta^{n+1})e_1 + (A_2\alpha^m + B_2\beta^m)(A_2\alpha^{n+1} + B_2\beta^{n+1})e_2].$$

$$-\frac{1}{5}((A_1\alpha^n + B_1\beta^n)(A_1\alpha^{m+1} + B_1\beta^{m+1})e_1 - (A_2\alpha^n + B_2\beta^n)(A_2\alpha^{m+1} + B_2\beta^{m+1})e_2)$$

If the necessary simplifications are taken, we obtain the following equation.

$$K_mK_{n+1} - K_nK_{m+1} = \frac{1}{5}(-1)^m[A_1B_1(\alpha-\beta)(\alpha^{n-m} - \beta^{n-m})e_1 + A_2B_2(\alpha-\beta)(\alpha^{n-m} - \beta^{n-m})e_2].$$

When the A_1B_1 and A_2B_2 values are calculated and written instead, we obtain the following equation:

$$K_mK_{n+1} - K_nK_{m+1} = F_{n-m}(-1)^m 15j(2+i).$$

Thus, the proof is complete.

Theorem 5. For elements in the sequence $\mathbb{BC}_L$, we have

$$K_{n+i}K_{n+j} - K_nK_{n+i+j} = 3ij(1-2i)\left(\alpha^j - \beta^j\right)\left(\beta^i - \alpha^i\right).$$

Proof: Let's use the Binet formula. $K_{n+i}K_{n+j} - K_nK_{n+i+j}$ is

$$\frac{1}{5}\big[\big(A_1\alpha^{n+i}+B_1\beta^{n+i}\big)\big(A_1\alpha^{n+j}+B_1\beta^{n+j}\big)e_1+\big(A_2\alpha^{n+i}+B_2\beta^{n+i}\big)\big(A_2\alpha^{n+j}+B_2\beta^{n+j}\big)e_2$$
$$-\big(A_1\alpha^{n}+B_1\beta^{n}\big)\big(A_1\alpha^{n+i+j}+B_1\beta^{n+i+j}\big)e_1$$
$$-\big(A_2\alpha^{n}+B_2\beta^{n}\big)\big(A_2\alpha^{n+i+j}+B_2\beta^{n+i+j}\big)e_2\big].$$

If the necessary simplifications are taken, we obtain the following equation. $K_{n+i}K_{n+j}-K_nK_{n+i+j}$ is

$$\frac{1}{5}\big[A_1B_1\big(\alpha^{n+i}\beta^{n+j}+\alpha^{n+j}\beta^{n+i}-\alpha^{n}\beta^{n+i+j}-\alpha^{n+i+j}\beta^{n}\big)e_1$$
$$+A_2B_2\big(\alpha^{n+i}\beta^{n+j}+\alpha^{n+j}\beta^{n+i}-\alpha^{n}\beta^{n+i+j}-\alpha^{n+i+j}\beta^{n}\big)e_2\big].$$

When the A_1B_1 and A_2B_2 values are calculated and written instead, we obtain the following equation:

$$K_{n+i}K_{n+j}-K_nK_{n+i+j}=3ij(1-2i)\big(\alpha^j-\beta^j\big)\big(\beta^i-\alpha^i\big).$$

Theorem 6. The relations between any element K_n in the sequence $\mathbb{BC}_L$ and its conjugates are as follows.

$$K_n+(K_n)_i+(K_n)_j+(K_n)_{ij}=4L_n.$$

$$K_n+(K_n)_i=2(L_n+jL_{n+2}).$$

$$K_n+(K_n)_j=2(L_n+iL_{n+1}).$$

$$K_n+(K_n)_{ij}=2(L_n+ijL_{n+3}).$$

Theorem 7. The relations between Q_n and K_n are as follows.

$$Q_n+K_n=2Q_{n+1}.$$

$$K_{n-1}+K_{n+1}=5Q_n.$$

$$5{Q_n}^2-{K_n}^2=12(-1)^{n+1}(2j+k).$$

In the following theorem, we give some identities for bicomplex numbers with Lucas coefficients without proof.

Theorem 8. The following properties are provided for the sums of the K_n bicomplex Lucas numbers.

$$\sum_{i=1}^{n}K_{2i-1}=K_{2n}-K_0.$$

$$\sum_{i=1}^{n}K_i=K_{n+2}-K_2.$$

$$\sum_{i=1}^{n}K_{2i}=K_{2n+1}-K_1.$$

$$\sum_{i=1}^{n}{K_i}^2=K_nK_{n+1}-(5-10i-12j+9k).$$

Theorem 9. The generator function for elements in the sequence $\mathbb{BC}_L$ is as follows:

$$G(t) = \frac{2 - t + i(1 + 2t) + j(3 + t) + ij(4 + 3t)}{1 - t - t^2}.$$

Proof. For K_n, the generator function $G(t)$ is as follows:

$$G(t) = (\alpha_0 e_1 + \beta_0 e_2) + (\alpha_1 e_1 + \beta_1 e_2)t + \cdots + (\alpha_n e_1 + \beta_n e_2)t^n + \cdots$$

The function $G(t)$ multiplies t and t^2, respectively, using the recurrence relation $K_{n+2} - K_{n+1} - K_n = 0$, and if we do the necessary simplification, we get the following equation:

$$G(t)(1 - t - t^2) = (\alpha_0 e_1 + \beta_0 e_2) + (\alpha_1 e_1 + \beta_1 e_2 - \alpha_0 e_1 - \beta_0 e_2)t.$$

When the necessary operations are done, we obtain the following equation:

$$G(t) = \frac{2 - t + i(1 + 2t) + j(3 + t) + ij(4 + 3t)}{1 - t - t^2}.$$

Theorem 10. For bicomplex Lucas numbers K_n and K_m, we have the following equality.

$K_n K_m + K_{n+1} K_{m+1} = 5(2Q_{n+m+1} + 2F_{n+m+4} - F_{n+m+1} - 2F_{n+m+6}i - 2F_{n+m+5}j + 2F_{n+m+4}ij)$.

Proof. Let's use the identity $L_n L_m + L_{n+1} L_{m+1} = 5F_{m+n+1}$. Where L_n is nth Lucas number.

$K_n K_m + K_{n+1} K_{m+1}$ is equal to this:

$$\begin{aligned}[(L_n L_m + L_{n+1} L_{m+1}) - (L_{n+1} L_{m+1} + L_{n+2} L_{m+2}) - (L_{n+2} L_{m+2} + L_{n+3} L_{m+3}) + (L_{n+3} L_{m+3} \\ + L_{n+4} L_{m+4})] + [(L_n L_{m+1} + L_{n+1} L_m) - (L_{n+2} L_{m+3} + L_{n+3} L_{m+2}) \\ + (L_{n+1} L_{m+2} + L_{n+2} L_{m+1}) - (L_{n+3} L_{m+4} + L_{n+4} L_{m+3})]i + [(L_n L_{m+2} + L_{n+2} L_m) \\ - (L_{n+1} L_{m+3} + L_{n+3} L_{m+1}) + (L_{n+1} L_{m+3} + L_{n+3} L_{m+1}) - (L_{n+2} L_{m+4} \\ + L_{n+4} L_{m+2})]j + [(L_n L_{m+3} + L_{n+3} L_m) + (L_{n+1} L_{m+2} + L_{n+2} L_{m+1}) \\ + (L_{n+1} L_{m+4} + L_{n+4} L_{m+1}) + (L_{n+2} L_{m+3} + L_{n+3} L_{m+2})]ij\end{aligned}$$

If we use the identity $L_n L_m + L_{n+1} L_{m+1} = 5F_{m+n+1}$, we get the following equation.

$$\begin{aligned}K_n K_m + K_{n+1} K_{m+1} \\ = 5(F_{m+n+1} - F_{m+n+3} - F_{m+n+5} + F_{m+n+7}) \\ + 5(F_{m+n+2} + F_{m+n+2} - F_{m+n+6} - F_{m+n+6})i \\ + 5(F_{m+n+3} + F_{m+n+3} - F_{m+n+5} - F_{m+n+5})j \\ + 5(F_{m+n+4} + F_{m+n+4} + F_{m+n+4} + F_{m+n+4})ij\end{aligned}$$

After the necessary calculations are made, the proof of the theorem is complete.

REFERENCES

[1] Cockle J. (1848), On certain functions resembling quaternions, and on a new imaginary in Algebra, Philos. Mag., 33(3), 435-439.

[2] Hamilton W.R. (1853), Lecturers on Quaternions: Containing a Systematic Statement of a New Mathematical Method, Dublin.

[3] Halici, S., Curuk, S. (2019). On dual bicomplex numbers and their some algebraic properties. *Journal of Science and Arts*, *19*(2), 387-398.

[4] Halici, S. (2019). On Bicomplex Fibonacci Numbers and Their Generalization. In *Models and Theories in Social Systems* (pp. 509-524). Springer, Cham.

[5] Horadam, A. F. (1961). A generalized Fibonacci sequence. *The American Mathematical Monthly*, *68*(5), 455-459.
[6] Horadam, A. F. (1963). Complex Fibonacci numbers and Fibonacci quaternions. *The American Mathematical Monthly*, *70*(3), 289-291.
[7] Horadam, A. F. (1967). Special Properties of the Sequence Wn (a, b; p, q). *The Fibonacci Quarterly*, *5*(5), 424-434.
[8] Koshy, T. (2001). Fibonacci and Lucas numbers with applications, Iohn Wiley & Sons.
[9] Luna-Elizarraras, M. E., Shapiro, M., Struppa, D. C., Vajiac, A. (2012). Bicomplex numbers and their elementary functions. *Cubo (Temuco)*, *14*(2), 61-80.
[10] Luna-Elizarrarás, M. E., Shapiro, M., Struppa, D. C., Vajiac, A. (2015). *Bicomplex holomorphic functions: the algebra, geometry and analysis of bicomplex numbers*. Birkhäuser.
[11] Nurkan, S. K., Güven, İ. A. (2015). A Note on Bicomplex Fibonacci and Lucas Numbers. *arXiv preprint arXiv:1508.03972*.
[12] G. B. Price (1991), An introduction to multicomplex spaces and functions., M. Dekker, New York.
[13] S. Rönn, Bicomplex algebra and function theory, (2001). arXiv preprint math/0101200.
[14] Segre, C. (1892). The real representations of complex elements and extension to bicomplex systems. *Math. Ann.*, *40*, 413-467.

OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE KULLANILAN YENİ TREND HATASIZLAŞTIRMA VE ALTERNATİF KONTROL YÖNTEMLERİ

Aygen Ahsen Erdoğan
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Makine Mühendisliği Bölümü
aygenerdogan@gmail.com

Erol Feyzullahoğlu
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Makine Mühendisliği Bölümü
efeyz@kocaeli.edu.tr

Özet
Otomotiv Endüstrisi; pazar gereksinimlerini hızlı, verimli ve esnek bir şekilde karşılamayı hedefleyen bir düşünce anlayışı içerisindedir. Yeni nesil endüstrimiz - Endüstri 4.0 - müşteriye özel, daha kaliteli ve iyileştirilmiş üretimin yanı sıra imalatta daha fazla esneklik vaat etmektedir. Böylece, şirketlerin pazara daha kısa teslim süresi ve daha yüksek kaliteyle giderek daha kişiselleştirilmiş ürünler üretme zorluklarıyla başa çıkabilmeleri sağlanmaktadır. Çalışanlarla akıllı makinalar arasında oluşturulacak yeni işbirliği trendi ve birlikte çalışma, endüstrilerin yapısını ve rekabet dengesini önemli ölçüde değiştirmektedir. Bilişim teknolojisi, yeni üretim ve kalite yaklaşımlarının odak noktasındadır. Endüstri 4.0, şirketlere iş süreçlerinde optimizasyonu ve süreçlerin hızlanmasını sağlamaktadır. Bu çalışmada Endüstri 4.0 kavramı ile hayatımıza entegre olan ve otomotiv sektöründe kullanılan hata önleme ve alternatif kontrol metotları ele alınmıştır. Işıklı uyarı sistemleri, akıllı gözlük/saat, sanal gerçeklik/arttırılmış gerçeklik, dijital ikiz, kolaboratif robot ile operasyon gibi teknolojilerin otomotiv sektöründe hata önleme ve kontrol yöntemi olarak kullanılmalarına değinilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Akıllı Üretim, Endüstri 4.0, Hata Önleme Sistemleri, Kontrol Metotları, Otomotiv Sektörü.

NEW TREND ERROR PROOFING SYSTEMS AND ALTERNATIVE CONTROL METHODS USED IN AUTOMOTIVE SECTOR

Abstract
Automotive Industry; aims to meet the market requirements in a fast, efficient and flexible way. Industry 4.0, which is a brand new generation industry, promises more flexibility in manufacturing as well as customized, higher quality and improved production. Thus, it allows companies to overcome shorter lead times and the challenge of producing higher quality, increasingly personalized products to market. The new trend of interworking and collaboration between employees and smart machines significantly changes the structure of industries and the balance of competition. Information technology is at the focal point of new production and quality approaches. Industry 4.0 enables companies to optimize their business processes and speed up processes. In this study, error proofing systems and alternative control methods, which are integrated into our lives with the Industry 4.0 concept and used in the automotive industry, are discussed. Within this study scope, the error proofing systems and control methods, which are integrated by Industry 4.0 into the our life such as pick-to-light systems, smart glasses / watch, virtual reality / augmented reality, digital twin, operation with collaborative robot, are examined.

Keywords: Automotive Sector, Control Methods, Error Proofing Systems, Industry 4.0, Intelligence Manufacturing.

1. GİRİŞ

Küreselleşen pazar ve beraberindeki yoğun rekabet sebebiyle; işletmeler maliyet, kalite, zaman bakımından yeni zorluklarla karşı karşıya kalmaktadırlar. Rakiplerin sayısının artması müşterilere geniş yelpazede ürün seçimi sunmakta ve bu durum işletmeler açısından zorlu bir rekabet süreci oluşturmaktadır. İşletmeler bu rekabetçi ortamda ayakta kalabilmek için, tüm değer zinciri boyunca süreçleri & yöntemleri verimli ve esnek bir şekilde yönetmek istemektedirler. Dolayısıyla yüksek katma

değerli faaliyetlere odaklanıp yüksek verimli süreçler elde ederek işletmenin performansını hatırı sayılır ölçekte arttırabilen ve sonucunda maksimum kalite çıktısı sağlayan yalın üretim felsefesi işletmeler için büyük bir önem taşımaktadır. Maliyet ve kalite arasında doğru dengeyi yakalama meselesi, ölçekleri veya monte ettikleri ürünlerin karmaşıklığı ne olursa olsun, her üretici için devam eden bir zorluktur. Kaliteye çok fazla odaklanmak verimi azaltabilirken, çok az odaklanmak yeniden çalışma veya onarım nedeniyle maliyetleri artırabilir ve müşteri güvenini azaltabilir. Sonuçta bu, üreticinin markasına ve itibarına zarar verebilir. Sonuç olarak, üretim sürecindeki hatasızlaştırma, sürecin sadece bir adımı için bile kaliteyi verimli ve karlı bir şekilde sunmak isteyen üreticiler için önemli bir konu haline gelmiştir. Teknolojinin gelişmesiyle yeniçağın iş dünyasında niteliksiz iş gücünün yerini yarı ve tam zamanlı robotlar makinalar dolduracaktır. Almanya'da gündeme gelen Endüstri 4.0 ile dünya farklı bir yöne doğru gideceğinin sinyallerini vermiştir. Endüstri 4.0 üretim alanında sistemlerin dijitalleşmesi, yazılım teknolojisinin artan kullanımına odaklanan ileri fikirleriyle akıllı fabrikalar gibi üretim ve yönetim açışından bir trend yakalamıştır. Endüstri 4.0; nesnelerin interneti, siber fiziksel sistemler, büyük veri, veri analizi, bulut bilişim, dijital ikiz, sanal gerçeklik, arttırılmış gerçeklik vb. dijital kavramları kapsayan bir terimdir. Bahsedilen dijital kavramlar yalın yöntemlerin başarılı ve bütüncül bir şekilde uygulanması için ümit verici tamamlayıcılar olarak görülmekte ve yalın uygulama için mevcut engellerin üstesinden gelmeye yardımcı olabilmektedir. Yeni nesil endüstrimiz - Endüstri 4.0 - kitlesel özelleştirme, daha iyi kalite ve iyileştirilmiş üretkenliğin yanı sıra imalatta daha fazla esneklik vaat etmektedir. Bu esneklik, şirketlerin pazara kısa teslim süresi ve daha yüksek kaliteyle daha kişiselleştirilmiş ürünler üretme zorluklarıyla başa çıkabilmelerini sağlar. Endüstri 4.0 bağlamında, üretim sistemleri akıllı bir seviyeye evrilmektedir. Akıllı üretim, Endüstri 4.0'da önemli bir rol oynamaktadır. Bu çalışma kapsamında yeni trend hatasızlaştırma ve alternatif kontrol yöntemleri hakkında literatür araştırılması yapılmıştır.

2. YENİ TREND HATASIZLAŞTIRMA VE ALTERNATİF KONTROL YÖNTEMLERİ

Çalışanlarla akıllı makinalar arasında oluşturulacak yeni işbirliği trendi ve birlikte çalışma, endüstrilerin yapısını ve rekabet dengesini önemli ölçüde değiştirmektedir. Bilişim teknolojisi, yeni üretim ve kalite yaklaşımlarının odak noktasındadır. Endüstri 4.0, şirketlere iş süreçlerinde optimizasyonu ve süreçlerin hızlanmasını sağlamaktadır. Makine-insan işbirliğine ve simbiyotik ürün gerçekleştirimine dönük yeni tip ileri üretim ve endüstriyel süreçler ortaya çıkmaktadır. Yazının devamında yeni trend hatasızlaştırma ve alternatif kontrol yöntemlerinden örnekler ele alınacaktır.

2.1. Işıklı Yönlendirme Sistemi

Işıklı yönlendirme sistemi montaj operatörlerini sesli ve ışıklı komutlarla yönlendiren bilgisayar destekli bir sistemdir. Bu bağlamda ışıklı yönlendirme sistemi, raflara takılan ışık sinyallerinin operatörü alma konumuna yönlendirdiği anlamına gelmektedir. Bu sistem sayesinde üretim ve lojistik verimliliği arttırılırken montaj esnasında oluşabilecek hataları minimuma indirmek mümkündür. Işıklı yönlendirme sistemi, işçilik maliyetlerini düşürürken, parça toplama hassasiyetini ve verimliliği artırmak için tasarlanmış bir teknolojidir. Özellikle belirtilmelidir ki, ışıklı yönlendirme sistemi kağıtsızdır ve çalışanlara ışık destekli manuel toplama, yerleştirme, sıralama ve montaj konusunda rehberlik etmek için depolama konumlarında alfa sayısal ekranlar ve düğmeler kullanılmaktadır. Özellikle üretim ve montaj ağırlıklı çalışan sektörlerde (örn: otomotiv sektörü) sıkça kullanılan bu sistemler, son dönemde elektronik ticaret ve perakende alanlarında lojistik yönetimi yapan işletmelerin sipariş operasyonunda, stok yönetiminde ve kalite kontrol süreçlerinde önemli bir avantajlar sağlamaktadır. Bu sistemler sabit raflara veya dinamik raflara entegre edildiği gibi konveyör ve otomatik yönlendirmeli araçlara da uygulanabilmektedir. Mevcut araştırmalar, bu teknik yardımın sadece parça toplama sıklığını artırmakla kalmayıp aynı zamanda toplama hatalarının sayısını önemli ölçüde azalttığını göstermektedir. Dahası, ilk deneysel çalışmalar, el tipi cihazlar veya kağıt listeleri gibi diğer yol gösterici kavramlara kıyasla zihinsel zorlamanın ışıkla toplama sistemi tarafından azaltıldığını göstermektedir. Üretkenliği ve verimliliği arttırmanın yanı sıra parça seçme hatalarını azaltmak için mükemmel bir araçtır. Ayrıca verimli bir ışıklı yönlendirme sistemi ile operatör eğitimlerinin süresi önemli ölçüde düşürülebilmektedir.



Şekil 1. Işıklı yönlendirme sistemi

2.2 Akıllı Gözlük ve Saat Sistemleri

Akıllı gözlükler, kullanıcılarının gözünde konumlandırılmış şeffaf bir optik ekranla donatılmıştır. Kullanıcı, artırılmış gerçeklik kavramı olarak kabul edilen hem gerçek dünya ortamını hem de ekranda gösterilen sanal içeriği görüntüleyebilir. Sürekli malzeme akışı ve kesintisiz operasyon sağlanması gereken operasyonlar için akıllı gözlükler kullanılarak eller kullanılmadan toplama sağlanabilmektedir. Bu gözlükler, üretim sürelerine ve hata oranlarına olumlu fayda sağlamanın yanı sıra operasyonel bilgilerin çalışanlara aktarılmasını sağlayarak kılavuzluk da etmektedir. Akıllı gözlüklerin üretim süreçlerine dahil edilmesi hata oranını %50'nin üzerinde düşürdüğü ve uygulama sürelerini 1/3 oranında kısalttığı tespit edilmiştir. Akıllı gözlükler, Endüstri 4.0 çağında bağlı ve uyarlanabilir üretimde önemli rol oynamaktadır ve kompleks çalışma işlemlerinde kullanılabilmektedir. Personellere yardımcı olmasının yanı sıra, yönlü video telefonu veya üretim makinelerine bağlanabilme gibi son derece yenilikçi uygulamalarda kullanılabilir. Akıllı gözlükler, video ve resimlerin yanı sıra kayıt yapabilen bir kameraya sahiptir. Bu kamera proses adımlarını hızlı ve doğrudan görselleştirerek işe yeni başlayan bir operatörün daha ilk günden bağımsız olarak prosesi öğrenip çalışabilmesini sağlamaktadır. Şekil 2'de akıllı gözlük kullanarak prosesini gerçekleştiren bir çalışan görülmektedir.



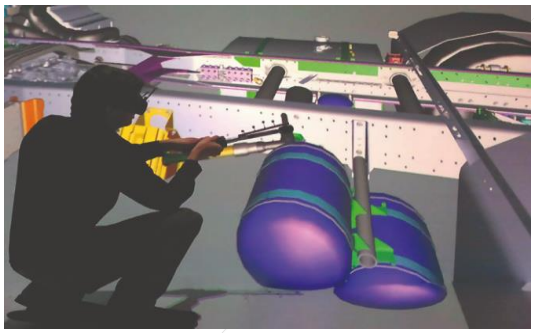
Şekil 2. Akıllı gözlük kullanımı

Hareketli bant veya konveyör sistem ile birleştirilen montaj hatları üretim tesislerinde işlemlerin devamlılığında kritik öneme sahiptir. Montaj hattı üzerinde oluşan bir arıza üretimin durması gibi zaman ve maddi kayıplarla sonuçlanabilmektedir. Bu nedenle montaj hatlarının izlenmesi, olası bir arızaya önceden müdahale edilmesi gerekmektedir. Dijitalleşme çağının evrelerinde olduğumuz Endüstri 4.0'da montaj hatlarının haberleşmesi sağlanarak sistemde büyük çaplı durmaların önüne geçilmektedir. Tesise başarıyla uygulanan akıllı saatler üretim hattı üzerinde operasyonel verimlilik sağlamaktadır. Seçili hatlarda kullanılan akıllı saatler, besleyici sıkışıklıkları ve diğer özel arızalardan kaynaklı makine durmalarını ortandan kaldırır. Ayrıca akıllı uyarılar, genel makine arızlarında operatörün müdahale süresini kısaltarak zaman ve paradan önemli bir tasarruf sağlar.

2.3. Arttırılmış Gerçeklik / Sanal Gerçeklik

Son birkaç yılda, bilgi teknolojisinin ilerlemesi sayesinde, dijital üretim dünya çapında ortak bir platform haline gelmiştir. Bilgisayarla entegre üretim sistemleri veri işleme hatalarını ortadan kaldırmıştır. CAD modelleme araçlarını kullanan bilgisayar simülasyonu ve sonlu eleman analizi, imalat mühendislerinin kararlara daha hızlı ve hatasız ulaşmalarına yardımcı olmuştur. İngilizce ismi olan "Virtual Reality" isminin kısaltması olan "VR" ile bilinen sanal gerçeklik kişiye, bilgisayar ortamında yaşanan olayları olayın adeta içindeymiş gibi yaşama imkânını sağlamaktadır. Artırılmış Gerçeklik ise, sanal gerçekliğin değişik bir uygulamasıdır. Sanal gerçeklik teknolojisi kullanıcıyı

tamamıyla sentetik bir ortam içerisine sokar ve kullanıcı bu sentetik çevre içerisindeyken etrafındaki gerçek dünyayı göremez. Artırılmış gerçeklik, bunun aksine, resim, ses, video gibi sayısal ve bilgisayar tarafından üretilen bilgileri veya dokunma hislerini gerçek ortama aktaran bir teknolojidir. Artırılmış gerçeklik teknik olarak beş duyunun geliştirilmesi amacıyla kullanılabilir, fakat günümüzde görsel yeteneklerin artırılması üzerinde yoğunlaşmış durumdadır. Sanal gerçekliğin aksine artırılmış gerçeklik, sanal nesneleri gerçek dünya nesneleri üzerine bindirerek veya birleştirerek kullanıcının gerçek dünyayı daha zenginleştirilmiş bir halde algılamasına ve görmesine olanak sağlamaktadır. Yirmi yılı aşkın bir süredir, artırılmış gerçeklik (AR) teknolojisi, üretim süreçlerini piyasaya sürülmeden önce simüle etmek, yönlendirmek ve iyileştirmek için bazı kritik sorunları ele almak için yenilikçi ve etkili bir araç olarak olgunlaşmıştır. Tasarım, planlama, talaşlı imalat vb. faaliyetler artık bir sonraki çalışma ve modifikasyona gerek kalmadan ilk seferde gerçekleştirilebilmektedir. Sanal gerçeklik, operatörlerin ve bakım görevlilerinin yeni ekipmanlar konusunda eğitimine olanak tanır. Ekipmanların adeta içinde dolaşan çalışanlar, bu sayede kapsamlı bakım planları yapabilmektedirler. Sanal gerçeklik ve arttırılmış gerçeklik ile ürün tasarımında ve bununla ilgili üretim süreçlerinde yaşanabilecek sorunlar (ergonomi problemleri, parçaların montajları esnasında birbirlerine çarpma durumları, kör prosesler v.b.) daha kolay ve erken tespit edilebilmekte ve üretime başlanmadan önce gereken aksiyonlar alınabilmektedir. Volkswagen tahmini ve gerçek çarpışma testi görüntülerini karşılaştırmak için artırılmış gerçeklik kullanmaktadır. Şekil 3'te otomotiv sektöründe sanal gerçeklik kullanımı ile ilgili bir görsel verilmiştir.



Şekil 3. Otomotiv sektöründe sanal gerçeklik

2.4. Dijital İkiz

Simülasyon tabanlı dijital prototipleme, imalat sistemlerinin tasarımında ve işletiminde karar vermeyi desteklemek için araştırmada bir odak noktası oluşturmaktadır. Dijital simülasyonlar, yeni işletim politikalarını gerçek dünyada uygulamadan önce geliştirmek ve test etmek için karmaşık üretim sistemleri hakkında bilgi sağlar. Üretim sistemlerinin sanal deneyleri ve validasyonu ile geliştirme süresinde ve maliyetinde azalmanın önemli faydaları elde edilebilir. Endüstriyel robotik alanında, sanal simülasyon, robotik sistemlerin planlanması ve optimizasyonu için farklı senaryoları planlamak, tahmin etmek, ölçeklemek ve güvenli bir şekilde test etmek için iyi bilinen bir kavramdır. Dijital insan modellemesi, ergonomik sorunları incelemek için bilgisayar tarafından oluşturulmuş bir avatar ileriye dönük bir çalışma alanına entegre etme imkanı sunar. Çalışma alanı tasarımında ergonomik analiz için dijital insan modellemesi üzerine kapsamlı bir çalışma tartışılmıştır. İnsan-makine işbirliği birçok araştırmacı tarafından ilgi odağı olmuştur ancak insan-robot işbirliği simülasyonu ve görselleştirilmesi konusunda çok az çalışma bulunmaktadır. Ayrıca, simülasyonların ürün ve sistem tasarımında klasik kullanımının yanı sıra, ortaya çıkan bir eğilim, değişiklikleri görmek, düşünmek ve tepki vermek için sistemin yaşam döngüsünün farklı aşamalarını dijital bir alanda esnek bir şekilde birleştirmektir. Yaklaşım, dış ve iç üretim varyasyonlarının etkilerini zamanında değerlendirmeye ve tepki vermeye yardımcı olacaktır. Bu yeni konsepte Dijital İkiz denmektedir ve üretimde simülasyon desteğinin yeni dalgasıdır. Dijital ikiz, fiziksel bir ürünün sanal kopyası olarak tanımlanmaktadır. Gerçek hayattaki ikizinin dijital ortamdaki ikizi olarak da ifade edilebilir. Dijital ikiz, reel dünya koşullarını simüle etmek, analiz etmek, işlemleri geliştirmek için kullanılabilir. İş dünyası, dijital ikizi "bir iş sonucu ortaya çıkaran canlı bir model" olarak tanımlamıştır.

2.5. Dijitalleşmiş Hata Önleme Çözümleri

Dijitalleşmiş hata önleme çözümleri, montaj istasyonlarında kaliteyi, proses güvenilirliğini, şeffaflığı ve

ürün güvenliğini sağlayan kapsamlı bir yazılım çözümüdür. Montaj prosesi esnasında operatörlere kılavuzluk ederek, hataya yer bırakmaz. Montaj istasyonuna, hücreye veya montaj hattı boyunca kurulabilir. Bu çözüm yöntemi en fazla 10 istasyona, hatta farklı ürünler veya ürün varyasyonlarına bağlanabilir. Bu nedenle, aynı zamanda ara montaj, yedek istasyonlar ve tamir alanları için de idealdir. Yüksek parça sayısına ve varyasyona sahip ürünlerin montaj prosesleri yanlış parça kullanımı, yanlış cıvata veya uygun olmayan montaj aleti seçimi ya da montaj adım sırası gibi insan odaklı hataları mümkün kılmaktadır. Bu sorunlar görsel uyarılarla veya operatör eğitimleriyle giderilmeye çalışılsa da etkili çözüm yöntemleri olmamaktadır. Dijitalleşmiş Hata Önleme Çözümleri ile her bir proses adımı görüldüğü gibi ekranda operatöre gösterilerek operatör doğru sıralama konusunda yönlendirilir.Işıklı yönlendirme ve parça doğrulama gibi birbirine bağlı adımlar ekleyerek operatörlerin hatalı parça ve cıvata kullanmasının önüne geçilir ve şüpheli ürünlerin istasyondan ayrılmasını önleyerek hat durdurmaları gerçekleştirilir. İzlenebilirliği sağlayıp riskli sapmaları belirlemek için tüm süreç sonuçları saklanır web ara yüzünde kolaylıkla görüntülenebilir ve sık arıza yaşanan alanlar belirlenebilir.

2.6. Kolaboratif Robot ile Operasyon

Kolaboratif kelimesi, İngilizce "işbirliği" anlamına gelen "collaboration" kelimesinden gelmektedir. Kobotlar en basit şekilde; insanlarla birlikte hatasız bir şekilde çalışabilen ve onlarla maksimum derecede etkileşime girebilen robotlar şeklinde tanımlanabilmektedir. Endüstri 4.0 kapsamında geliştirilen işbirlikçi (kolaboratif) robotlar operatör ile birlikte aynı ortamda işbölümü çerçevesinde çalışarak esnek üretim sisteminde önemli bir rol üstlenmektedir. İleri robotik sistemler ve işbirlikçi robotlar Endüstri 4.0'ın Türkiye'de en çok katma değer sağlayacak önemli alanlarındandır. Bu kapsamda İnsan-Robot İş birliği, iş süreçlerinin daha esnek ve katma değer yaratımına açık olmasını sağlayarak kaliteyi artıran ve üretim hacmini güvenli bir şekilde genişleten bir çarpan olarak ortaya çıkmaktadır. İnsan-Robot işbirliğinde insan, üretim sürecini planlayarak kontrol eder ve robotlar bu planlama sonucunda gerek duyulan fiziksel aktiviteleri gerçekleştirir. Endüstriyel malların üretiminde rekabet gücünü korumak için, süreçlerin daha fazla otomasyonu, özellikle yüksek ücretli ülkelerde, endüstrideki ana stratejilerden biridir. Otomotiv endüstrisinde birçok süreç zaten otomatiktir ancak genelde montaj atölyeleri daha az otomatiktir ve bu da esas olarak iki nedenden kaynaklanmaktadır: Görevlerin karmaşıklığı ve artan otomasyon seviyesi ile esnekliğin önemli ölçüde azalması. İşbirlikçi robotlar sayesinde bilgisayarlı görüş sistemleri tarafından desteklenen ve montaj görevlerini yerine getirmek ve insan operatörleri ile işbirliğini sağlamak için hassasiyetle donatılmış, üretken ve esnek çözümlere yol açma potansiyeli sağlanmaktadır. Bu bağlamda, yalnızca daha önce ergonomik açıdan mümkün olmayan kritik görevleri ortadan kaldırmak değil, aynı zamanda klasik robot otomasyonunun manuel montajla karşılaştırıldığında ekonomik olarak karlı olmadığı üretim hacimleri için birim maliyeti düşürmek de mümkündür. Montajdan boyamaya, vidalamadan etiketlemeye, paketlemeden cilalamaya, enjeksiyon kalıplamadan kaynağa ve enspeksiyon işlemlerine kadar her türlü uygulama için kolaboratif robot teknolojisi üretimde daha fazla verimlilik elde edilmesine ve kalite sürdürülebilirliğine yardımcı olmaktadır. Hassasiyet ve süreklilik isteyen kalite kontrol uygulamalarında kolay programlanan kobotlar kullanarak tutarlı ve yüksek ürün kalitesi garanti etmek mümkündür. Kolaboratif robotlar kamera, sensör vb. kalite kontrol cihazlarıyla entegre çalışarak kalitede süreklilik ve izlenebilirlik sağlayabilmektedir. Şekil 3.4'te kobotun montaj proseslerindeki insanla işbirliği halinde çalıştığı görsele yer verilmiştir.



Şekil 4. Montaj prosesinde Kobot – İnsan işbirliği

2.7. iCub İnsansı Robot

Görsel algı, insan ortamlarında çalışan çoğu robot sistemi için temel bir bileşendir. Özellikle, görsel tanıma; izleme, manipülasyon, insan-robot etkileşimi gibi çok çeşitli görevler için bir ön koşuldur.

Başarılı görsel tanıma eksikliği, robotik sistemin gerçek dünyadaki durumlara uygulanmasında genellikle bir darboğaz haline gelir. Bir sahnenin anlambilimini anlamak muhtemelen yapay zekadaki en zorlu görevlerden biridir. Robotik, tanım gereği, doğadan ilham alır ve humanoid kavramı belki de buna en iyi örnektir. iCub, nesneleri tarayabilen, kavrayabilen ve insanlarla etkileşime girebilen bir insansı robottur. iCub'ın adındaki «Cub», cognitive universal body anlamına gelir. iCub insansı robot; alüminyum, çelik ve plastikten yapılmış gövdesinde 54 adet motor bulunan ve görme, duyma, dokunma için bir dizi sensör ile donatılmış 104 cm ve 25 kg olan bir çocuk anatomisinde sahiptir. Stereo kameralar, jiroskoplar, ivmeölçerler, mikrofonlar, kodlayıcılar, kuvvet-tork sensörleri ve kapasitif dokunsal sensörler ile öğrenebilme özelliği bulunmaktadır. iCub, dünya çapında 30'dan fazla laboratuvar tarafından benimsenmiş insansı robotik, beyin ve bilişsel bilimleri araştırmak için açık kaynaklı bir platformdur. Nesneleri algılamak için elleri olan 5 yaşındaki bir çocuk şeklindedir ve aynı zamanda görme, duyma ve dokunma için sensörler bulunur. Robot, insanlarla doğal etkileşimi kolaylaştıracak ve genel olarak çevre ile diğer insanlardan bir şeylerin nasıl ve nasıl yapılacağını öğrenecek şekilde tasarlanmıştır. iCub, Avrupa'nın inovasyon kurumları ile işbirliği içinde geliştirilen ve kısmen Avrupa Komisyonu Bilişsel Sistemler ve Robotik programı tarafından finanse edilen insansı robotik üzerine uluslararası bir projedir. Bugün dünya çapında laboratuvarlarda 36 kopya halinde mevcut ve dünya çapında yüzden fazla araştırmacı yeteneklerini geliştirmeye katkıda bulunmaktadır. iCub, dokunma hissi olan hassas bir elektronik cilt sistemine sahip dünyadaki birkaç robottan biridir. Cilt sistemi 4000'den fazla uyumlu sensörden oluşur. iCub ona güç sağlayan ve dışarıdaki bir bilgisayardan komutlar gönderen bir kabloya bağlıdır. Bu kablo olmadan robot çalışamaz. iCub, dağınık olabilen gerçek dünyadan daha kontrollü ve öngörülebilir olma eğilimi gösteren bir laboratuvar ortamı için de inşa edilmiştir. Bu nedenle, iCub'un laboratuvardan çıkmasına izin vermek için pilleri ve kablosuz yetenekleri olan yeni bir model üretilmektedir. iCub karşısındaki insanın ne yaptığını anlayıp bunları doğru bir şeykilde tekrarlama, karmaşık tekrarlı hareketleri hafızanda tutma yeteneğine sahiptir ve gün geçtikçe yeni yetenekler eklenen iCub insansı robotun gelecekte endüstriye entegre edilmesi ile yapay zeka sayesinde kısa sürede prosesi öğrenme, görsel kontrol gibi birçok alanda verim elde edilebilir. İnsanla etkileşim içinde olduğu için ve duygusal kontak kurabildiği için birlikte çalışırken ekstra bir koruma alanı oluşturulmasına gerek yoktur.



Şekil 5. iCub insansı robot

3. SONUÇ

Çalışanlarla akıllı makinalar arasında oluşturulacak yeni işbirliği ve birlikte çalışma, bir yandan endüstrilerin yapısını ve rekabet dengesini önemli ölçüde değiştirmektedir. Bilişim teknolojisi, yeni üretim yaklaşımlarının odak noktasındadır. Endüstri 4.0, şirketlere iş süreçlerinde optimizasyonu ve süreçlerin hızlanmasını sağlamaktadır. Makine-insan işbirliğine ve simbiyotik ürün gerçekleştirimine dönük yeni tip ileri üretim ve endüstriyel süreçler ortaya çıkmaktadır. Yeni trend kontrol ve hatasızlaştırma yöntemleri üreticilere ve çalışanlara; üretim sürecinde daha hassas ve hata oranı düşük operasyonlar gerçekleştirmeyi, yeni çalışma ve projelerin daha devreye alınmadan önce simüle edilerek reel hayatta oluşabilecek hata risklerini öngörerek önceden hataları elimine edecek aksiyonlar almayı, üretim sürecinde ve tedarik zincirinde izlenebilirlik açısından verimlilik sağlamaktadır.

4. TARTIŞMA

Hayatımıza son dönemde entegre olan yeni nesil endüstri metodu Endüstri 4.0 müşteriye kısa zamanda, spesifik ve yüksek kalitede üretimin yanı sıra imalatta daha fazla esneklik vaat etmektedir. İşletmelerin sürdürülebilirliklerini sağlayabilmeleri daha kaliteli ve esnek üretim gerçekleştirebilmelerine bağlıdır ve bu koşul temelde yeni nesil hata önleme metotları kullanımını gerekli kılmaktadır. Bu çalışma

kapsamında yeni nesil hatasızlaştırma ve alternatif kontrol yöntemleri hakkında literatür tasaraması yapılarak, otomotiv sektöründe kullanılabilecek metotlar sıralanmıştır.

KAYNAKLAR

Yıldız, A., Levent, U. 2018. Endüstri 4.0 ile Yalın Üretim Arasındaki İlişkinin İncelenmesi, Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi, Kocaeli.

Atlas Copco Makinaları İmalat A.Ş., *Error Proofing the Production Process*, 12 Mayıs 2020 tarihinde Atlas Copco sitesi: https://www.atlascopco.com/tr-tr adresinden alındı.

Stockingera C., Steinebacha T., Petrata D., Brunsa R., Zöllera I. 2020. The Effect of Pick-by-Light-Systems on Situation Awareness in Order Picking Activities, Procedia Manufacturing, 45, 96–101.

Atop Technologies, Inc., *Pick-to-Light System, Headquarters-Taiwan*, 15 Mayıs 2020 tarihinde: http://www.atop.com.tw/atop/mw/cufiles/files/download_dm/pick_dm/ABLEPick_DM_E.pdf, adresinden alıntıdır.

Lee P., Hui P. 2017. Interaction Methods for Smart Glasses, ACM Computing Surveys.

Malik A.A., Bilberg A., 2018. Digital Twins of Human Robot Collaboration in a Production Setting, Procedia Manufacturing, 17(2018) 278-285.

Rosen R., Wichert G., Lo G. 2015. Bettenhausen D. K., About The Importance of Autonomy and Digital Twins for the Future of Manufacturing, IFAC Papers Online, 48-3, 567–572.

Endüstri 4:0 Platformu, *Cobotlar: Endüstri 4:0 Robotları*, 22 Mayıs 2020 tarihinde: https://www.endustri40.com/cobotlar-endustri-4-0-robotlari/ sitesinden alıntıdır.

Dağlı M. 2019. İnsan-Robot İşbirliği Kolaboratif Robotlar,Mühendis ve Makine, 28-33.

Schrötera D., Jaschewskia P., Kuhrkea B., Verlb A. 2016. Methodology to Identify Applications for Collaborative Robots in Powertrain Assembly, Procedia CIRP, 55 (2016) 12 – 17.

Universal Robots, Universal Robots Cobotları Tüm Alanlarda Kullanılabiliyor, 18 Mayıs 2020 tarihinde: https://blog.universal-robots.com/tr/universal-robots-cobotlari-t%C3%BCm-alanlarda-kullan%C4%B1labiliyor, adresinden alıntıdır.

Sean Ryan Fanello, Carlo Ciliberto, Nicoletta Noceti, Giorgio Metta, Francesca Odone Visual Recognition for Humanoid Robots, Robotics and Autonomous Systems, DOI: 10.1016/j.robot.2016.10.001.

Law J., Lee M.,, Hiilse M., Shaw P., 2011. Infants and iCubs: Applying Developmental Psychology to Robot Shaping, Procedia Computer Science, 7 (2011) 272–274.

Mettaa G., Natale L., Nori F., Sandini G., Vernona D., Fadiga L., Hofsten C., Rosander K., Lopes M., Santos-Victor J., Bernardino A., Luis Montesanoe L., 2010. The iCub humanoid robot: An open-systems platform for research in cognitive development, Neural Networks, 2010, 23 (2010) 1125–1134.

Ascia, A., Biso, M., Natale, L., Ricci, D., Metta, G., Sandini, G., 2012. Comparison between Two Implementations of iCub's Fingertip, Procedia Engineering, 47 (2012) 1231 – 1234.

THE INFRARED BEHAVIOR OF THERMAL GLUON SELF-ENERGY IN LIGHT-CONE GAUGE

Jale Yılmazkaya Süngü
Kocaeli University / Department of Physics / 41001 Izmit, Turkey
jyilmazkaya@kocaeli.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-4278-8548

Arzu Türkan
Özyeğin University/ Department of Natural and Mathematical Sciences / Çekmeköy, Istanbul, Turkey
arzu.turkan@ozyegin.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-8695-0039

Elşen Veli Veliev
Kocaeli University / Department of Physics /41001 Izmit, Turkey
elsen@kocaeli.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-4278-8548

Ömer Faruk Alemdar
Kocaeli University /Department of Physics /41001 Izmit, Turkey
ofalemdar@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7584-1539

Abstract
The investigation of infrared behaviors of temperature Green functions in thermal field theories is very important for understanding many features of QCD, such as quark confinement, screening chromoelectric and chromomagnetic fields. In this article, we study the infrared behavior of thermal gluon self-energy in light-cone gauge $n^\mu A^a_\mu = 0$, where n^μ is a constant four-vector satisfying $n^2 = 0$. Light cone-gauge has some attractive features, such as vanishing ghost contributions in loop diagrams. But, in noncovariant gauges unphysical singularities in the type of $1/(n\cdot k)$ arise in gauge field propagator. The origin of these singularities is residual symmetry existing in Lagrangian density after quantization. To remove these singularities, it is used different prescriptions. In the framework of the standard Feynman diagram technique, we consider gluon polarization tensor and used Mandelstam-Leibbrandt (ML) prescription in thermal gluon propagator. After standard calculations and renormalization, we obtain an explicit expression for gluon self-energy in the $p_4 = 0$ and infrared limit $|\boldsymbol{p}|/T << 1$.

Keywords: Gluon self-energy, Light-cone gauge, Infrared behavior, Unphysical singularities in propagator

IŞIK-KONİ AYARINDA TERMAL GLUON ÖZ-ENERJİNİN KIZILÖTESİ DAVRANIŞI

Özet
Termal alan teorilerinde sıcaklık Green fonksiyonlarının kızılötesi davranışlarının incelenmesi, KRD'nin kuarkların ebedi hapsi, renkelektrik ve renkmanyetik alanların perdelenmesi gibi birçok özelliğini anlamak bakımından oldukça önemlidir. Bu makalede, n^μ sabit bir dört-vektör olmak üzere $n^2 = 0$ şartını sağlayan $n^\mu A^a_\mu = 0$ ışık-koni ayarında, termal gluon öz-enerjisinin kızılötesi davranışı incelenmiştir. Işık-koni ayarı ilmek diyagramlarında ghost parçacıklarının katkısının sıfır olması gibi bazı ilginç özelliklere sahiptir. Ancak, kovaryant olmayan ayarlarda ayar alan propagatörlerinde $1/(n\cdot k)$ şeklinde fiziksel olmayan tekillikler ortaya çıkar. Bu tekilliklerin kökeni, kuantizasyondan sonra Lagrangian yoğunluğundaki artık simetrilerin mevcut olmasıdır. Bu tekillikleri ortadan kaldırmak için farklı reçeteler kullanılır. Bu çalışmada, standart Feynman diyagramı tekniği çerçevesinde, gluon polarizasyon tensörü ele alınmış ve termal gluon propagatöründe Mandelstam-Leibbrandt (ML) reçetesi

kullanılmıştır. Standart hesaplamalar ve yeniden normalizasyondan sonra $p_4 = 0$ ve $|\boldsymbol{p}|/T << 1$ kızılötesi limitinde gluon öz-enerjisi için açık bir ifade elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gluon öz-enerjisi, Işık-koni ayarı, Kızılötesi davranış, Propagatörde fiziksel olmayan tekillikler

1. INTRODUCTION

Thermal Quantum Qhromodynamics (TQCD) formalism predicts that at finite temperatures hadrons dissolve into a plasma of their elementary constituents, the quarks and the gluons, forming a new state of matter called as the quark-gluon plasma (QGP). At temperatures exceeding $T_c \cong \Lambda_{QCD} \sim 0.2 GeV$, one expects a plasma of quarks and gluons released from their confining forces. This new type of matter is supposed to take place several microseconds after the big bang and might play an important role in the core of collapsing neutron stars (Kapusta, 1993, Bellac, 1996, Veliev and Yılmazkaya, 2003). QGP can be created in laboratory conditions by colliding heavy-ions at high energies (Bordalo et al., 2002, Adams, 2003, Jouan, 2003). A great interest has arisen over the last decades to produce the QGP in experiments. Updated experimental programs have still been continuing, both at Brookhaven's RHIC, and CERN's LHCb (Scharenberg, 2019, Adam, 2019).

The color charged quarks and/or gluons are able to move freely in the volume occupied by the plasma (Kalashnikov, 1984, Shuryak, 1978, Kalashnikov and Klimov, 1980). Confinement and chiral symmetry breaking are two important non-perturbative outcomes of QCD associated with its infrared features. Recently, there has been much effort to figure out the infrared divergence emerging from the massless gauge bosons of the QCD Green's functions by the phenomenological and theoretical studies (Oliveira et al., 2020, Natale, 2007, Aguilar et al., 2003, Veliev, 2000, Veliev and Yılmazkaya, 2004, Veliev, 2001). One way to solve this problem is the chromoelectric and chromomagnetic screening masses which gives us an opportunity to regulate the infrared behaviour of the theory (Linde, 1980, Alexanian, 1995). Therefore it is very important to compute the chromoelectric and chromomagnetic masses which are an infrared cut-off for color forces for TQCD and other theories (Veliev and Kalashnikov, 1986, Kalashnikov, 1996).

The electric screening (Debye) mass, the inverse screening length of electric fields within the plasma, is a fundamental quantity defined with the longitudinal part of the photon self-energy $\Pi_{44}(0,\mathrm{k})$ in a covariant gauge (Rebhan, 1993):

$$m_{el}^2 = \lim_{k^2 \to -m^2} \Pi_{44}(0,k),$$

instead of

$$m_{el}^2 = \lim_{k^2 \to 0} \Pi_{44}(0,k).$$

That is one can obtain m_{el} easily from the pole of the propagator. Equivalently, in QGP, the Debye screening mass define the screening of chromoelectric fields in hot QCD. The chromoelectric screening mass can be evalulated in leading order perturbation theory and is found to be $O(g)$, nevertheless chromomagnetic screening mass is expected to be on the order of $O(g^2)$ (Alexanian, 1995, Veliev, 1986). However, static low-momentum limit in QCD exhibits infrared divergence. On a perturbative level, in a high temperature expansion of the one loop gluon self-energy is gauge invariant (Rebhan, 1993, Klimov, 1982, Weldon, 1982). The perturbative one-loop contributions to m_{el}^2 is determined in different works (Shuryak, 1978, Kalashnikov, 1984).

The gluons screen the strong interactions, over long distances, in contrast to zero temperature case. So if we inject a gluon mass term in higher orders of perturbation theory, singularities will be removed. Besides, the Debye screening mass $m_{el}(T)$ is connected with the gluonic excitations at small momenta and described either through the static limit of the gluon self-energy or by the potential between two color charges at large distances (Klimov, 1982, Nakamura, 2002).

The purpose of this study is to investigate the infrared behaviour of gluon self-energy at one-loop approximation in the light-cone gauge based on the perturbative TQCD. We analysed gluon self-energy in the infrared limit which determines the screening of the transversal and longitudinal waves. In this sense, we employed ML prescription to eliminate the non-physical poles.

2. INFRARED LİMİT OF THERMAL GLUON SELF-ENERGY

Our starting point for studying of TQCD is the ground partition function:

$$Z\left[J_\mu^a,\eta,\bar{\eta}\right]=\int DAD\psi D\bar{\psi}DcD\bar{c}\exp(S_{eff}), \tag{1}$$

and the effective action is:

$$\begin{aligned} S=\int_0^\beta d\tau\int d\boldsymbol{x}\Bigg[&-\frac{1}{4}\left(F_{\mu\nu}^a\right)^2-\frac{1}{2\alpha}\left(F^a[A_\mu^b]\right)^2 \\ &+\bar{c}^a\frac{\partial F^a}{\partial A_\mu^c}D_\mu^{cb}c^b+\bar{\psi}(i\not{D}+\mu\gamma^0-m)\psi+J_\mu^aA_\mu^a+\bar{c}^b\eta^a+\bar{\eta}^ac^a\Bigg], \end{aligned} \tag{2}$$

here $c^a(x)$ denotes ghost fields, β is the inverse of the temperature, $J_\mu^a(x),\eta(x)$ symbolize the external sources for gluon and ghost fields. Here $F^a[A_\mu^b]=B^a(x)$ is the gauge condition. The explicit expression of antisymmetric gluon strength tensor is defined as follow:

$$F_{\mu\nu}^a=\partial_\mu A_\nu^a-\partial_\nu A_\mu^a+igf^{abc}A_\mu^bA_\nu^c, \tag{3}$$

and the covariant derivative:

$$D_\mu^{ab}=\partial_\mu\delta^{ab}+gf^{acb}A_\mu^c\ . \tag{4}$$

In thermal field theories gluon fields, quark fields and ghost fields are satisfy periodic and anti-periodic boundary conditions: $A_\mu^a(\boldsymbol{x},0)=A_\mu^a(\boldsymbol{x},)$, $\psi(\boldsymbol{x},0)=-\psi(\boldsymbol{x},\beta)$ and $c^a(\boldsymbol{x},0)=c^a(\boldsymbol{x},\beta)$.

The gluon propagator is defined as

$$D_{\mu\nu}^{ab}(x-y)=\frac{\delta^2\ln Z}{\delta J_\mu^a(x)\delta J_\nu^b(y)}, \tag{5}$$

which can be expressed in terms of gluon self-energy tensor $\Pi_{\mu\nu}(k)$ by Schwinger-Dyson equation:

$$D_{\mu\nu}^{-1}(k)=D_{0\mu\nu}^{-1}(k)+\Pi_{\mu\nu}(k), \tag{6}$$

here $D_{0\mu\nu}^{-1}(k)$ is the bare gluon propagator. The vacuum self-energy satisfies the transversality constraint $k_{\mu\nu}\Pi_{\mu\nu}(k)=0$, which leads to the expression $\Pi_{\mu\nu}^{vac}(k)=\left(g_{\mu\nu}k^2-k_\mu k_\nu\right)\Pi\left(k^2\right)$, here $\Pi\left(k^2\right)$ is invariant function.

Effectiveness of non-covariant gauges in the quantization of non-Abelian theories and their wide range of applicability have recently been appreciated by theorists. The most important advantageous of these gauges such as the light-cone gauge is their ghost-free nature. The light-cone gauge is identified with $n_\mu A_\mu^a(x)=0$ where $A_\mu^a(x)$ is a massless $SU(N)$ Yang-Mills field with $\mu=0,1,2,3$ and $a=1,2,....N^2-1$, and n_μ is an arbitrary constant 4-vector with $n^2=0$ and has been extensively employed in not only QCD but also the supersymmetric Yang-Mills, String and gravity theories. Selecting light-cone gauge we encounter simple structured gluon field emerging from the propagator compared with the other non-covariant gauges. Moreover it decreases the number of diagrams in a particular problem, however the individual diagrams are more complicated to evaluate than in the Feynman gauge and the residual symmetry existence in the light-cone gauge manifest itself in the appearance of unphysical pole $1/\left(n\cdot k\right)$ type. To handle this pole, ML prescription (Mandelstam, 1983 Leibbrandt, 1984) is used.

Aforementioned infrared behaviour of a non-abelian gauge theory at finite temperatures is one of the big challenges for theorists (Kalashnikov, 1980). The scale of momentum where the problem rises, is g^2T where g is the strong coupling constant and T is the temperature of the plasma. Also, Lorentz invariance doesn't exist at finite temperatures, and the polarization operator presents us a combination at transverse and longitudinal tensor structures which makes the problem complicated. The self-energy tensor $\Pi_{\mu\nu}$ in QED is independent of gauge choice, it is not the same in QCD, which makes the definition of a Debye mass difficult (Rebhan, 1993, Schneider, 2002).

The expression for $\Pi_{\mu\nu}$ is presented in QCD by the following three diagrams (Schneider, 2002, Kalashnikov, 1984):

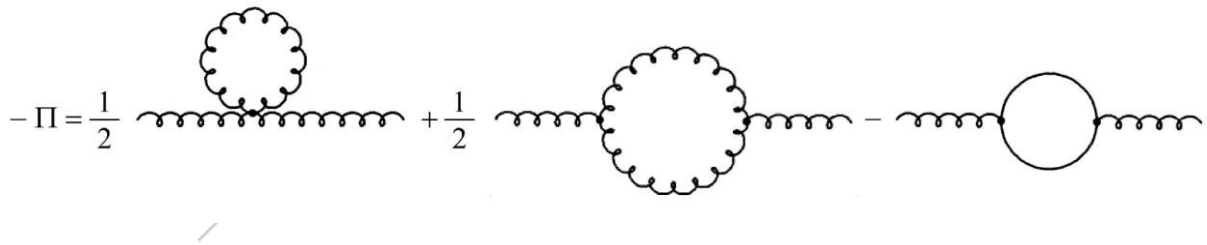


Figure 1. One-loop diagrams that contribute to the gluon self-energy tensor. *Solid and curly lines represent quark and gluon propagators respectively.*

The sum of the above three diagrams contribution to the gluon self-energy tensor reads:

$$-\Pi_{\mu\nu}=\frac{1}{2}\Pi_{\mu\nu}^{(1)}+\frac{1}{2}\Pi_{\mu\nu}^{(2)}-\Pi_{\mu\nu}^{(3)}\ .$$

Here $\Pi_{\mu\nu}^{(1)}$, $\Pi_{\mu\nu}^{(2)}$ represent the first and second term in Figure 1, respectively. $\Pi_{\mu\nu}^{(3)}$ is the contribution of quarks and $\Pi_{\mu\nu}^{(3)}$ is the same in both non-covariant and covariant gauges. Let's put this term aside for now.

In order to evaluate the expression of gluon self-energy using Feynman diagrams, we need the 3-gluon and 4-gluon vertices;

three gluon vertex:

$$\Gamma^{abc}_{\mu\nu\lambda}(k_1,k_2,k_3) = -igf^{abc}\left\{ \delta_{\mu\nu}\left(k_1-k_2\right)_\lambda + \delta_{\nu\lambda}\left(k_2-k_3\right)_\mu + \delta_{\lambda\mu}\left(k_3-k_1\right)_\nu \right\}, \tag{7}$$

four gluon vertex:

$$\begin{aligned}\Gamma^{bcde}_{\mu\nu\rho\gamma}(k_1,k_2,k_3,k_4) = -g^2\Big[& f^{abc}f^{dea}\left(\delta_{\mu\rho}\delta_{\nu\gamma}-\delta_{\mu\gamma}\delta_{\nu\rho}\right) \\ & + f^{abd}f^{cea}\left(\delta_{\mu\nu}\delta_{\rho\gamma}-\delta_{\mu\gamma}\delta_{\nu\rho}\right) + f^{abe}f^{cda}\left(\delta_{\mu\nu}\delta_{\gamma\rho}-\delta_{\mu\rho}\delta_{\nu\gamma}\right)\Big].\end{aligned} \tag{8}$$

As for the first contribution $\Pi^{fh(1)}_{\mu\nu}$ ($p_4 = 0,\ \boldsymbol{p} \to 0$):

$$\Pi^{fh(1)}_{\mu\nu} = \frac{1}{\beta}\sum_{k_4}\int \frac{d\boldsymbol{k}}{(2\pi)^3} D^{ab}_{\alpha\beta}(k)\Gamma_4(p,-k,k,-p)^{fabh}_{\mu\alpha\beta\nu}. \tag{9}$$

Then we can rearrange $\Pi^{fh(1)}_{\mu\nu}$ making some standard calculations as

$$\Pi^{fh(1)}_{\mu\nu} = -2\frac{g^2N}{\beta}\delta^{fh}\sum_{k_4}\int \frac{d\boldsymbol{k}}{(2\pi)^3}\frac{1}{k^2}\left(\delta_{\mu\nu}+\frac{n_\mu k_\nu + k_\mu n_\nu}{n\cdot k}\right). \tag{10}$$

Using vertex functions for the second contribution $\Pi^{fh(2)}_{\mu\nu}$, we can write

$$\Pi^{fh(2)}_{\mu\nu} = \frac{1}{\beta^2}\sum_{k_4}\int \frac{d\boldsymbol{k}}{(2\pi)^3} D^{mn}_{\rho\sigma}(k)D^{ab}_{\alpha\beta}(p+k)\Gamma_3(p,k,-p-k)^{fma}_{\mu\rho\alpha}\Gamma_3(-p,-k,p+k)^{hnb}_{\nu\sigma\beta} \tag{11}$$

where $D^{ab}_{\mu\nu}(p)$ is the standard bare gluon propagator in the light-cone gauge given by

$$D^{ab}_{\mu\nu}\left(k,\alpha=0\right) = \frac{\delta^{ab}}{k^2}\left[\delta_{\mu\nu}-\frac{k_\mu n_\nu + k_\nu n_\mu}{k\cdot n}\right]. \tag{12}$$

In Eq. (11) using the properties of structure constants $f^{fna}f^{hna} = N\delta^{fh}$ with N is the number of colors and after some algebra being performed, the exact expression for the $\Pi^{fh(2)}_{\mu\nu}$ is found to be:

$$\begin{aligned}\Pi^{fh(2)}_{\mu\nu} = -\frac{g^2N}{\beta}\delta^{fh}\sum_{k_4}\int\frac{d\boldsymbol{k}}{(2\pi)^3}\frac{1}{k^2(p+k)^2}\Big[& \delta_{\mu\nu}\left(-5p^2+2k^2+6p\cdot k\right)+6p_\mu p_\nu - 8k_\mu k_\nu - 4\left(k_\mu p_\nu + k_\nu p_\mu\right) \\ & + \frac{2}{(n\cdot k)}\Big(4\delta_{\mu\nu}\left(2p\cdot k+k^2\right)\left(p\cdot n\right) - 2\left(p\cdot n\right)\left(k_\mu p_\nu + k_\nu p_\mu\right) + \left(p^2-k^2-2p\cdot k\right)\left(k_\mu n_\nu + k_\nu n_\mu\right) \\ & - \left(6p\cdot k+2k^2\right)\left(p_\mu n_\nu + p_\nu n_\mu\right)\Big) + \frac{2n_\mu n_\nu}{(n\cdot k)\left(p\cdot n + k\cdot n\right)}\left(2p\cdot k+k^2\right)\left(p^2-k^2\right)\Big] .\end{aligned} \tag{13}$$

By putting all terms, namely the expressions of $\Pi_{\mu\nu}^{fh(1)}$ and $\Pi_{\mu\nu}^{fh(2)}$ one can write the complete expression for the gluon self-energy $\Pi_{\mu\nu}^{fh}$:

$$\begin{aligned}\Pi_{\mu\nu}^{fh} = -\frac{g^2 N}{2\beta}\delta^{fh}\sum_{k_4}\int\frac{d\boldsymbol{k}}{(2\pi)^3}\frac{1}{k^2(p+k)^2}\Big[&\delta_{\mu\nu}\left(-3p^2+4k^2+10\,p\cdot k\right)+6p_\mu p_\nu-8k_\mu k_\nu\\ &-4\left(k_\mu p_\nu+k_\nu p_\mu\right)+\frac{2}{(n\cdot k)}\left(-2\left(p\cdot n\right)\left(k_\mu p_\nu+k_\nu p_\mu\right)+2p^2\left(k_\mu n_\nu+k_\nu n_\mu\right)\right.\\ &-\left(6p\cdot k+2k^2\right)\left(p_\mu n_\nu+p_\nu n_\mu\right)+4\delta_{\mu\nu}\left(2p\cdot k+k^2\right)\left(p\cdot n\right)\\ &\left.+\frac{2n_\mu n_\nu}{(n\cdot k)\left(p\cdot n+k\cdot n\right)}\left(2p\cdot k+k^2\right)\left(p^2-k^2\right)\right].\end{aligned} \tag{14}$$

In the infrared limit:

$$\begin{aligned}\Pi_{44}^{fh}\left(p_4=0,|\boldsymbol{p}|\to 0\right) = \frac{g^2N}{2\beta}\delta^{fh}\sum_{k_4}\int\frac{d\boldsymbol{k}}{(2\pi)^3}\frac{1}{k^2\left[\left(\boldsymbol{k}+\boldsymbol{p}\right)^2+\boldsymbol{k}_4^2\right]}\\ \times\left[-3\boldsymbol{p}^2+4k^2+10\,\boldsymbol{p}\cdot\boldsymbol{k}-8\boldsymbol{k}_4^2+\frac{8k_4}{(n\cdot k)}\boldsymbol{p}^2+\frac{2}{(n\cdot k)^2}\left(2\boldsymbol{p}\cdot\boldsymbol{k}+k^2\right)\left(\boldsymbol{p}^2-k^2\right)\right].\end{aligned} \tag{15}$$

The poles in Eq. (15) can be treated using ML prescription:

$$\frac{1}{(n\cdot k)} = \lim_{\varepsilon\to 0}\frac{\boldsymbol{n}\cdot\boldsymbol{k}+ik_4}{\left(\boldsymbol{n}\cdot\boldsymbol{k}\right)^2+k_4^2+\varepsilon^2}. \tag{16}$$

Using the sum expression $\sum_{k_4}\frac{1}{\boldsymbol{k}^2+k_4^2}=\frac{1}{2|\boldsymbol{k}|T}\coth\frac{|\boldsymbol{k}|}{2T}$ and after some transformations we get well-known Debye mass in gluodynamics:

$$m_D^2 = \Pi_{44}\left(p_4=0,|\boldsymbol{p}|\to 0\right)=\frac{1}{3}g^2NT^2. \tag{17}$$

The next to leading order $\left(\sim|\boldsymbol{p}|T\right)$ at small $\boldsymbol{p}$ can be obtained by taking the $p_4=0$ term in the summation. As seen, the other terms $\left(p_4\neq 0\right)$ give a correction of order $O(p^2)$. Three dimensional integrals in Eq. (15) are calculated using the usual expression:

$$\int\frac{d^\omega\boldsymbol{k}}{\left[\left(\boldsymbol{p}+\boldsymbol{k}\right)^2\right]^\alpha\left(\boldsymbol{k}^2\right)^\beta}=\pi^{\omega/2}\frac{\Gamma\left(\frac{\omega}{2}-\alpha\right)\Gamma\left(\frac{\omega}{2}-\beta\right)\Gamma\left(\alpha+\beta-\frac{\omega}{2}\right)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)\Gamma\left(\omega-\alpha-\beta\right)}\left(p^2\right)^{-(\alpha+\beta-\omega/2)} \tag{18}$$

After integration, finally we obtain the infrared behaviour of gluon self-energy as:

$$\Pi_{44}(0,\boldsymbol{p})=\frac{1}{3}g^2NT^2\left(1-\frac{3}{2}\frac{|\boldsymbol{p}|}{T}+\boldsymbol{O}\left(\frac{|\boldsymbol{p}|}{T}\right)^2\right). \tag{19}$$

3. RESULTS

Studying the Debye mass of gluons is undoubtedly one of the great challenges in the physics of strong interactions. The infrared behavior of the gluon propagator is completely related with the confinement problem. We have examined the infrared limit of polarisation tensor and Debye mass of gluons which are regarded as important underlying features in hot hadronic matter. We calculate the leading order term of $\Pi_{\mu\nu}$ in light-cone gauge using ML prescription. The extracted expression in Eq. (19) shows that in the lowest order of perturbation theory chromoelectric field is screened. Future calculations may shed light on this issue, indicating, which confinement scenario is more probable, and what kind of improved phenomenological calculation can be done with infrared finite gluon propagator.

4. DISCUSSION

Understanding the screening effect in QGP is crucial because it might be the physical mechanism behind the phase transition and confinement in QCD. In order to deal with such problems, one has to go beyond ordinary perturbation theory, i.e. nonperturbative technique. A further study of the high density limit of QCD should be carried out at next-to-leading order, and we postpone that study to another publication.

5. REFERENCES

Adams J. (2003). Transverse-momentum and collision-energy dependence of high-pT hadron suppression in Au+Au collisions at ultrarelativistic energies. Phys. Rev. Lett. 91, 17, 172302.

Adam J. (2019) Measurement of inclusive J/ψ suppression in Au+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV through the dimuon channel at STAR. Phys. Lett. B 797, 134917.

Aguilar A. C., Binosi D., Ibañez D., Papavassiliou J. (2003). Effects of divergent ghost loops on the Green's functions of QCD. Physical Review D 89 (8), 085008.

Alexanian G. and Nair V.P. (1995). A Selfconsistent inclusion of magnetic screening for the quark - gluon plasma. Phys. Lett. B352, Issues 3–4, 435.

Bellac M. (1996). Thermal Field Theory, Cambridge U.P. Cambridge.

Bordalo P. et al. (2002). Recent result on J/ψ form experiment NA50. Nucl. Phys. A 698 (1), 127.

Jouan D. (2003). J/ψ and θ production from proton to Pb induced reactions at CERN SPS. Nucl. Phys. A721, 253.

Kalashnikov O. K. (1984). QCD at finite temperature. Fortschr. Phys., 32, 525.

Kalashnikov O.K. and Klimov V.V. (1980). Infrared behavior of the polarization operator in scalar electrodynamics at finite temperature. Phys. Lett. B 95, 3-4, 423.

Kapusta J.I. (1993). Finite Temperature Field theory, Cambridge University Press.

Klimov V.V. (1982). Collective excitations in a hot quark gluon plasma. Zh. Eksp. Teor. Fiz 82, 336 [Sov. Phys. JETP 55, 199].

Leibbrandt G. (1984). Light-cone gauge in Yang-Mills theory. Phys. Rev. D29, 1699.

Linde A.D. (1980). Infrared problem in thermodynamics of the Yang-Mills gas. Phys. Lett. B 96, 3-4, 289.

Mandelstam S. (1983). Light cone superspace and the ultraviolet finiteness of the N=4 Model. Nucl. Phys.B213, 149.

Nakamura A, Pushkina I, Saito T. and Sakai S. (2002). Screening of hot gluon. Phys. Lett. B549, 133.

Natale A. A. (2007). Phenomenology of infrared finite gluon propagator and coupling constant. Brazilian Journal of Physics, vol. 37, no. 1B, 306-312.

Oliveira O, Frederico T and W. de Paula, (2020), The soft-gluon limit and the infrared enhancement of the quark-gluon vertex. Eur. Phys. J. C, 80, 484.

Rebhan A.K. (1993). The Non-abelian Debye mass at next-to-leading order. Phys. Rev. D 48, R3967.

Scharenberg R.P., Srivastava B.K. and Pajares C. (2019) Exploring the initial stage of high multiplicity proton-proton collisions by determining the initial temperature of the quark-gluon plasma. Phys. Rev. D 100, 11, 114040.

Shuryak E.V. (1978). Theory of hadronic plasma. Sov. Phys. JETP 47, 212.

Veliev V.E. and Kalashnikov O.K. (1986). The Magnetic mass of a gluon in QCD in a two loop approximation. Sov. Phys. Lebedev Inst. Rep, 3, 39.

Veliev E.V. (2000). The investigation of Fermi excitations in a quark-gluon plasma in the lightcone gauge. J. Phys. G:Nucl. Part. Phys. 26, 8, 1235.

Veliev E.V. (2001). Obtaining gluon propagator with Leibbrandt-Mandelstam prescription. Phys. Lett. B498, 3-4, 199.

Veliev E.V, Yılmazkaya J. (2003). Quark gluon plasma signals. Eur. J. Phys. 24, 341.

Veliev E.V. and Yılmazkaya J. (2004). The calculation of quark–gluon plasma thermodynamic potential in the lightcone gauge. J. Phys. G:Nucl. Part. Phys. 30, 723.
Weldon H.A. (1982). Covariant calculations at finite temperature: the relativistic plasma. Phys. Rev. D26, 1394.

SIX-PHASE INDUCTION MOTOR CONTROL WITH SINUSOIDAL PULSE WIDTH MODULATION TECHNIQUE

İsmail Sarıgül
Inonu University/Engineering Faculty,Electrical and Electronic Department
ismail.sarigul@inonu.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-8440-5918

Mehmet Özdemir
Firat University / Engineering Faculty,Electrical and Electronic Department
mozdemir@firat.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-1178-060X

Abstract
Induction motors, which appear almost everywhere in today's industry, have continued to maintain their popularity for many years despite the power electronics technology developing in parallel with the progress of technology. Technological advances have also led to the development of inverter technology, and in recent years, the concept of multiphasis has been included in the literature. Multi-phase motors have many advantages compared to traditional three-phase motors. For example, a decrease in harmonics occurring in the rotor,a decrease in copper loss occurring in stator windings, an increase in the torque produced per ampere compared to a machine of the same size, and a high power carrying capacity are some of these advantages. In this study, the multi(six) phase induction motor is modeled in the MATLAB/SIMULINK package program. Multi-phase induction motors are produced for special use today. Electric and hybrid vehicles, ships, spacecraft, electric trains and applications requiring high power are some of these areas. Especially in areas where engine weight and size are important, such as electric vehicles, multi-phase motors provide a great advantage.d-q transformation formulas are used in modeling. In addition, our six-phase induction motor was fed by a six-phase inverter.

In this study, six-phase induction motor control was performed using the “Sinusoidal Pulse Width Modulation Technique”. This technique is one of the most preferred techniques in industrial applications. In the study, current, speed and torque graphs of the motor were obtained for 0.8 and 1 modulation index. As a result of the simulation study, it is seen that it is possible to control the voltage of the motor with the modulation index.

Keywords: six phase,induction motor,three phase,sinusoidal pulse width modulation

1. INTRODUCTION

AC motors, particularly induction motors, are broadly utilized nowadays as three-phase or single-phase.Induction motors, according to the rotor structure, are split into two induction motors with a squi rrel cage and a slip ring. Because induction motors with slip rings are heavier and more expensive, induction motors with squirrel cages are more preferred. We can see conventional three-phase induction motors almost anywhere, due to the three-phase nature of our grid.The most important reason for this is that induction motors have a user-friendly and system-friendly structure. Since their construction does not have a brush mechanism, these motors, which require almost no mai ntenance, are also among the reasons why they are favored. Previously induction motors had two phases (Jahns,1980) ,but the three-phase models were more effective from all output angles, so they soon replaced them. Actually, except for their single phase usage at low power, we also see more three phase induction motors.

Along with developments in semiconductor technology, technology in power electronics is also evolvi ng.For various applications, multiphase motor drives have been suggested.Someareaswhere multiphase motor drives are commonly used are given below.

- electric hybrid electric vehicles and locomotive traction (Levi,2004),(Leon and Lopez,2009)
- electric powered aircraft (Gregor et all.2008)
- ship propulsion (Apsley et all.,2009)
- aerospace and high power applications (Grigore-Muller and Barbelian,2010)

In this study, a six-phase induction motor model with inverter feed was created in the Matlab/Simulink package program. With this technique, the motor was operated in two different modulation indexes, resulting in graphical results and comparing.

2. MATERIALS AND METHODS

While simulation can be applied in Matlab / Simulink program, it has benefited from d-q transformation in case of convenience. In this section, information is given about the multi (six) phase induction motor that we have used in the study and the modulation technique used in the inverter model.

2.1 Six Phase Induction Motor

Scientific studies on multiphase induction motors in the literature have increased considerably in recent years. Induction motors with more than three phase numbers in their stator are called multiphase induction motors.The three phase windings are situated in the same stator in a multiphase induction motor and thus the current per phase in the motor is decreased. A preliminary study of an inverter-fed five-phase induction motor was first presented by Ward and Harner in 1969, suggesting that the amplitude of the torque fluctuation could be made possible by increasing the number of phases in the stator (Singh,2002).
Driving multi-phase machines has many benefits over typical three-phase drives.
Some of these advantages are given below:

- Torque produced per ampere is greater than machines with the same volume.
- Copper losses of the stator are less
- Harmonic currents of the rotor are less
- High capacity for power handling by splitting the necessary power between multiple stages
- Less torque vibration
- Lowered pulsations of torque
- High reliability and stability during operation (Singh,2002),(Kundrotas et all.,2011)
- The failure of the stator process does not stop starting and running the system . (Lisauskas et all.,2011)

There are two three-phase windings if the number of phases is six.

In symmetrical model, the two three phase windings are displaced by 60 degrees, but magnetic circulat ing currents are a concern. Therefore, it was decided to create an asymmetrical structure. According to this structure, the first three phases are placed then the second three phases are placed so that there is a 30 degree phase difference between the first. In this way (6n+1) order harmonics are eliminated .(Levi,2006)

Figure-1 shows the winding structure of an asymmetric 6-phase induction motor.

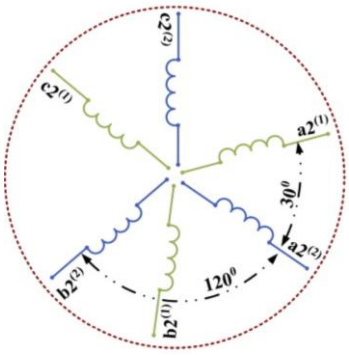


Figure.1. Simplified Model of Asymmetric Six-Phase Induction Motor

2.2 Sinusoidal Pulse Width Modulation Technique

This technique is one of the most preferred techniques in industrial applications. It is used in multi-level inverters with the development of the two-level SPWM technique. A carrier wave(triangle) with a high frequency is compared with a sine wave with a lower frequency. As a result of this comparison, the method based on the production of trigger signals is called Sinusoidal Pulse Width Modulation. Figure 2 shows the basic principle of the SPWM method. Sina, SinB, SinC reference signals and Triangle signal are seen. In addition, PWM(1) and PWM(2) signals are given for one arm of the inverter (Taskin and Gokozan,2011)

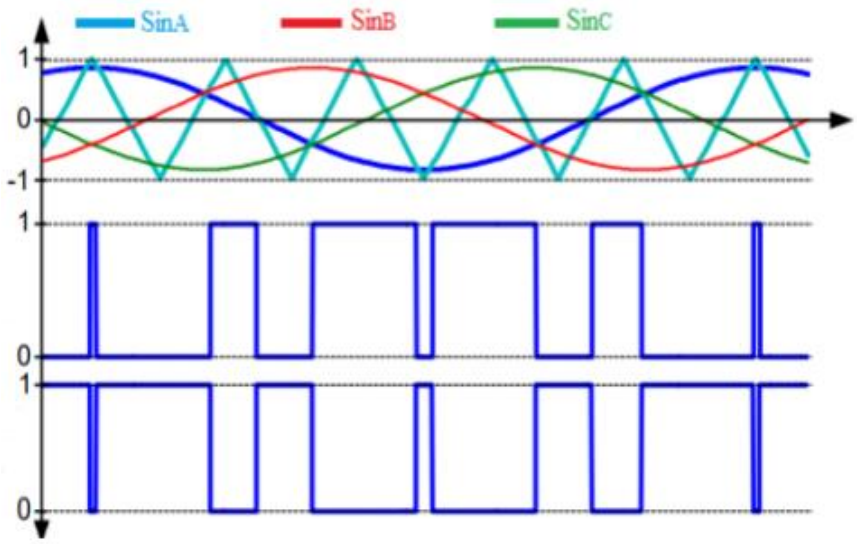


Figure.2. The Basic Principle of SPWM method

The SPWM technique is one of the earliest methods used to reduce harmonics in the square wave. In addition, it is one of the most economical and easily applicable common methods used to obtain a voltage in sine format. Figure 3 shows the sinusoidal PWM block diagram.

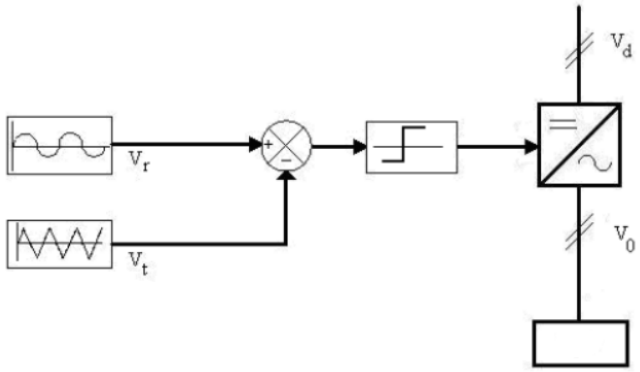


Figure.3. Sinusoidal PWM Block Diagram

In the SPWM technique, the ratio of modulation wave amplitude to carrier wave amplitude is called the modulation index. In order for this ratio to be linear, the modulation index must be at a value ranging from 0 to 1. In this study, the motor will be operated for modulation index 0.8 and 1.

2.3 Equations

The voltage equations for the six-phase induction motor (SPIM) are as follows;

$$V_{qs1} = r_s . i_{qs1} + \frac{d}{dt} \varphi_{qs1} + \omega . \varphi_{ds1} \quad (1)$$

$$V_{ds1} = r_s . i_{ds1} + \frac{d}{dt} \varphi_{ds1} - \omega . \varphi_{qs1} \quad (2)$$

$$V_{qs2} = r_s . i_{qs2} + \frac{d}{dt} \varphi_{qs2} + \omega . \varphi_{ds2} \quad (3)$$

$$V_{ds2} = r_s . i_{ds2} + \frac{d}{dt} \varphi_{ds2} - \omega . \varphi_{qs2} \quad (4)$$

$$V'_{qr} = r_r' . i_{qr}' + \frac{d}{dt} \varphi_{qr}' + (\omega - \omega_r) . \varphi_{dr}' \quad (5)$$

$$V'_{dr} = r'_r . i'_{dr} + \frac{d}{dt} \varphi'_{dr} - (\omega - \omega_r) . \varphi_{qr}' \quad (6)$$

The flux relation equations are as follows;

$$\varphi_{qs1} = L_{ls} . i_{qs1} + L_{lm} . (i_{qs1} + i_{qs2}) + L_m . (i_{qs1} + i_{qs2} + i'_{qr}) \quad (7)$$

$$\varphi_{ds1} = L_{ls} . i_{ds1} + L_{lm} . (i_{ds1} + i_{ds2}) + L_m . (i_{ds1} + i_{ds2} + i'_{dr}) \quad (8)$$

$$\varphi_{qs2} = L_{ls} . i_{qs2} + L_{lm} . (i_{qs1} + i_{qs2}) + L_m . (i_{qs1} + i_{qs2} + i'_{qr}) \quad (9)$$

$$\varphi_{ds2} = L_{ls} . i_{ds2} + L_{lm} . (i_{ds1} + i_{ds2}) + L_m . (i_{ds1} + i_{ds2} + i'_{dr}) \quad (10)$$

$$\varphi'_{qr} = L'_{lr} . i'_{qr} + L_m . (i_{qs1} + i_{qs2} + i'_{qr}) \quad (11)$$

$$\varphi'_{dr} = L'_{lr} . i'_{dr} + L_m . (i_{ds1} + i_{ds2} + i'_{dr}) \quad (12)$$

2.4. Matlab/Simulink Model Of Six-Phase Induction Motor

Table.1 shows the circuit parameters of the six-phase induction motor used in the study.

TABLE I. Parameters of motors

Parameters	Value
r_s (Ω)	1.9
r_r (Ω)	2.1
L_{ls} (H)	0.0132
L_{lr} (H)	0.0132
L_m (H)	1
L_{lm} (H)	0.011
V_n (volt)	230
f (Hz)	50
J_r (kg.m^2)	0.02
P	2
Rated Power(KW)	3

Figure.4 shows the Matlab/Simulink model of a six-phase induction motor with inverter supply.

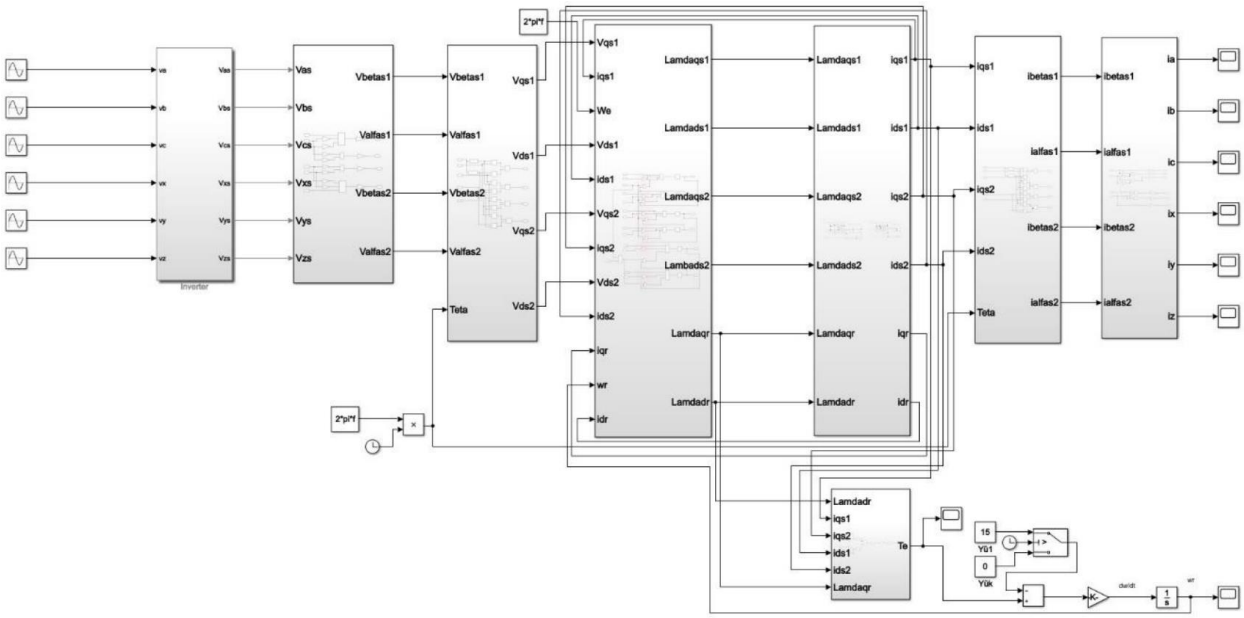


Figure.4. Model of Six-Phase Induction Motor with Sinusoidal Pulse Width Modulation

3. RESULTS

As a result of the simulation,output current, moment and speed graphs were obtained for two different modulation index.

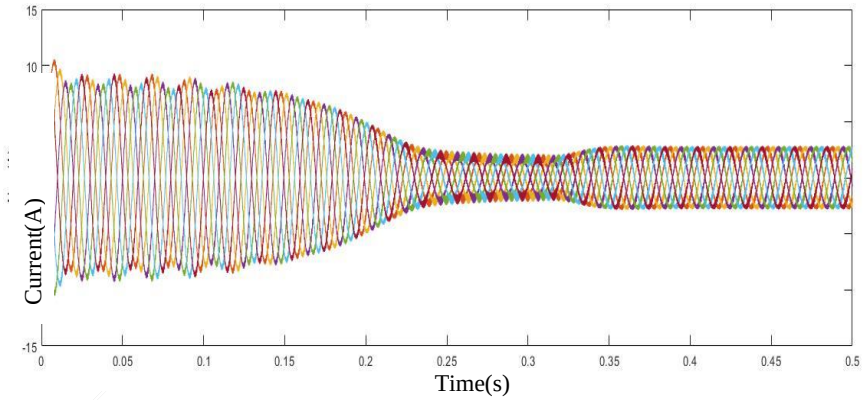


Figure.5. ia, ib ic currents for m=0.8

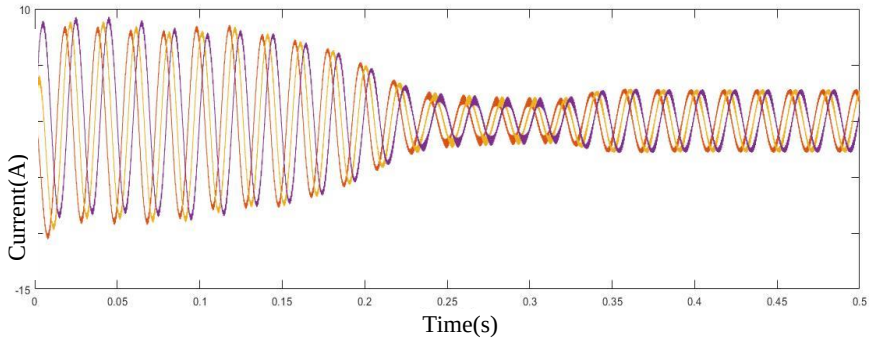


Figure.6. ix, iy iz currents for m=0.8

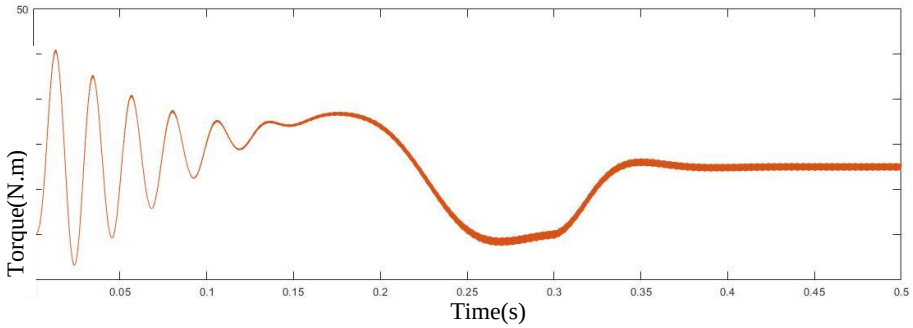


Figure.7. torque-time graphs for m=0.8

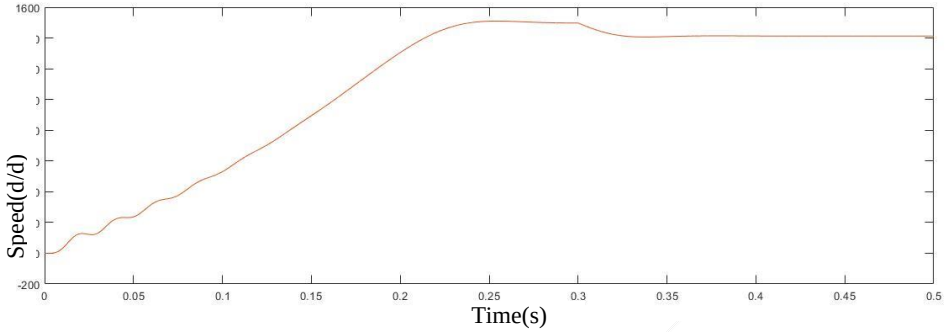


Figure.8. speed-time graphs for m=0.8

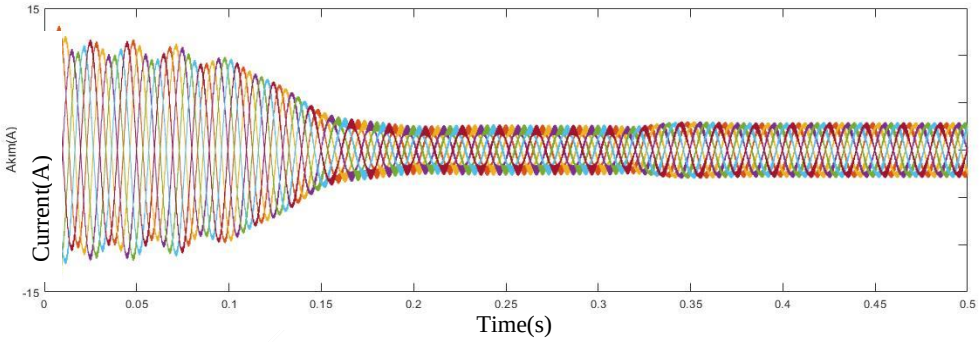


Figure.9. ia, ib ic currents for m=1

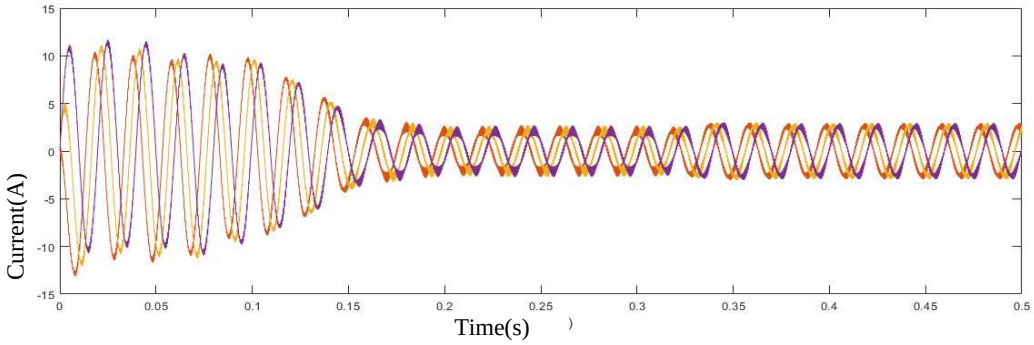


Figure.10. ix, iy iz currents for m=1

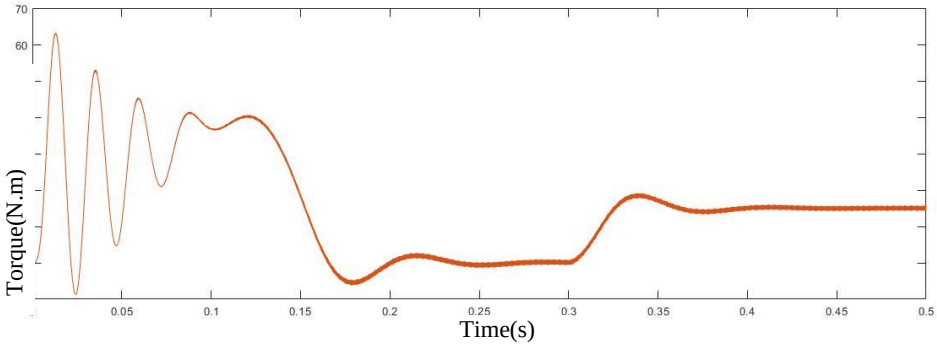


Figure.11. torque-time graphs for m=1

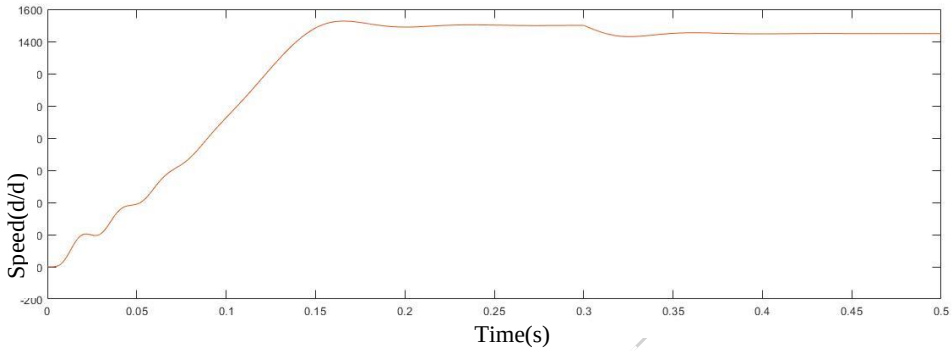


Figure.12. speed-time graphs for m=1

4. CONCLUSION

As a result of the simulation, it is possible to control the voltage of the engine with the modulation index. The modulation index operates in the linear region in the range 0-1 and is directly proportional to the voltage. in the case of m>1, the motor operates in the excessive modulation region and the voltage value cannot be controlled.

Looking at simulation results;

- In the case of m=1, the input voltage of the engine was higher, so the transition to a continuous state was faster.Tthe transition to a continuous state at m=1 is about 0.15 seconds, while the transition to a continuous state at m=0.8 is about 0.25 seconds.
- In the case of m=1, the current drawn by the motor is greater in both the temporary mode and the continuous state than in the case of m=0.8.
- In the case of m=0.8, the maximum moment reached by the motor is 40 Nm, while in the case of m=1, the motor moment has increased to 65 Nm.
- In both cases, the motor was loaded with a load moment of the same value, and when the motor was loaded in the state of m=0.8, the amount of decrease in speed was greater than the amount of decrease in the state of m=1.

Voltage control with modulation index is a frequently preferred control method, as it can only be changed by the amplitude of the voltage of the sine wave. Especially in the 0<m<1 (linear) region, voltage control can be easily applied.

REFERENCES

Kundrotas B, Lisauskas S, Rinkeviciene R 2011. Model of multiphaseinduction motor", *Elektronika ir Elektrotechnika (Electronics and Electrical Engineering)*, no. 5, pp. 111–114.

Levi E. 2004. Editorial – special issue on multi-phase motor drives, *EPE Journal*, vol. 14, no. 3, pp. 1–4.

Levi E. 2006. Recent Developments in High Performance Variable-Speed Multiphase Induction Motor Drives. Sixth International Symposium Nikola Tesla, Belgrade, Serbia.

Singh G.K. 2002. Multiphase Induction Machine drive research. Elsevier Journal, Electric Power System Research, Vol. 61, pp. 139-147.

Singh G.K. 2002. Multi-phase induction machine drive research – a survey. *Electric Power Systems Research 61*, pp. 139–147. [Online]. Available: http://dx.doi.org/10.1016/S0378-7796(02) 00007-X.

Leon J. I., Lopez O., Franquelo L. G., Vazquez S., Alvarez J., Freijedo F.D. 2009. Multilevel multiphase feedforward spacevector modulation technique. *Industrial Electronics*, vol. 57, no. 6,pp. 2066–2075. [Online]. Available: http://dx.doi.org/10.1109/TIE.2009.2034171.

Apsley J.M, Gonzalez-Villasenor A, Barnes M, Smith A.C, Williamson S, Schuddebeurs J.D, Norman, P.J, Booth C.D, Burt G.M, McDonald J.R 2009. Propulsion drive models for full electric marine propulsion systems *Industry Applications*, vol. 45, no. 2, pp. 676–684.[Online]. Available: http://dx.doi.org/10.1109/TIA.2009.2013569.

Grigore-Muler O, Barbelian M. 2010. The simulation of a multi-phase induction motor drive. in *Int. Conf. on Optimization of Electrical and Electronic Equipment*, 2010, pp. 297–306.

Gregor R, Barrero F, Toral S, Duran M.J 2008. Realization of an asynchronous six-phase induction motor drive test-rig, in *Int. Conf. on Renewable Energy and Power Quality.*

Lisauskas S, Kundrotas B, Rinkeviciene R, Smilgevicius A 2011. Investigation into six-phase induction drive dynamic characteristics, in *Int. Conf. on Electrical and Control Technologies (ECT 2011)*, pp. 218–221.

Jahns T. M. 1980. Improved Reliability in Solid-State AC Drives by Means of Multiple Independent Phase-Drive Units." *IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol. IA-16, pp. 321-331.

Taskin S., Gokozan H. 2011. Determination of the Spectral Properties and Harmonic Levels for Driver under the Different Load Conditions // Electronics and Electrical Engineering. – Kaunas: Technologija, . – No. 2(108). – P. 75–80.

ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONLARININ STANDARTLARI VE TÜRKİYE'DEKİ ELEKTRİKLİ ARAÇ DURUMU

Beytullah Zoroğlu
Kocaeli Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Elektrik Mühendisliği Bölümü
beytullahzoroglu@gmail.com

Ayşe Tuğba Yapıcı
Kocaeli Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Elektrik Mühendisliği Bölümü
aysetugba_ ypc@hotmail.com

Gül Kurt
Kocaeli Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Elektrik Mühendisliği Bölümü
gul.kurt@kocaeli.edu.tr

Özet
Elektrikli araç (EA) ve hibrit elektrikli araç (HEA)'ların gelişmesinde önemli olan bataryaların gelişmesiyle beraber, batarya şarj cihazlarındaki talep artışı kaçınılmazdır. Bu araçlarda enerji kaynağı olarak kullanılan yüksek enerji yoğunluklu bataryaların performansları, yalnızca batarya hücrelerinin dizaynına bağlı değildir. Aynı zamanda hücrelerin nasıl kullanıldığına ve şarj edildiğine de bağlıdır. Bu nedenle EA ve HEA'ın kullanımında ve gelişiminde batarya şarj cihazları önemli rol oynarlar. Batarya hücreleri verimsiz, bataryanın performansını ve ömrünü azaltan şarj cihazlarıyla şarj edilmemelidir. Güç elektroniğinin gelişimiyle daha verimli ve bataryaya optimum şarj sağlayan batarya şarj cihazları tasarlanabilmektedir. Yapılan bu çalışmada elektrikli araçların enerji depolama ve yönetim sistemleri, şarj istasyonu standartları, batarya tipleri, Türkiye'deki elektrikli araç, hibrit elektrikli araç durumu ve şarj istasyonu firmaları incelenmiştir. Ayrıca elektrikli araçların dağıtım sistemi üzerindekindeki etkilerini ele alarak, elektrikli araçların geleceği ile ilgili beklenti ve öngörüler ortaya çıkarılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli araç(EA), Şarj istasyonları, Şarj istasyonu standartları, Bataryalar.

ELECTRIC VEHICLE STATUS OF STANDARDS AND ELECTRIC VEHICLE CHARGING STATIONS IN TURKEY

Abstract
With the development of batteries, which are important in the development of electric vehicles (EA) and hybrid electric vehicles (HEA), the demand for battery chargers is inevitable. The performance of high energy density batteries used as an energy source in these vehicles is not only dependent on the design of the battery cells. It also depends on how the cells are used and charged. Therefore, battery chargers play an important role in the use and development of EA and HEA. Battery cells should not be charged with inefficient chargers which reduce the performance and life of the battery. With the development of power electronics, battery chargers can be designed that provide more efficient and optimum charging to the battery. In energy storage and management systems for electric vehicles in this study, the standard charging stations, battery types, electric vehicles in Turkey, hybrid electric vehicle status and charging station manufacturers it was investigated. In addition, by considering the effects of electric vehicles on the distribution system, expectations and predictions about the future of electric vehicles are revealed.

Keywords: Electric vehicle (EA), Charging stations, Charging station standards, Batteries.

1. GİRİŞ

Bugünkü içten yanmalı motorlu (İYM) araçlara göre daha eski bir geçmişe sahip olan EA, İYM araçlara kıyasla daha düşük performansları ve uzun şarj süreleri nedeniyle gelişme gösterememişlerdir. Ancak gerek yasal zorunluluklar, gerek çevresel faktörler, gerekse de artan petrol fiyatları nedeniyle, 1960'lı yıllardan sonra elektrikli araçlara olan ilgi tekrar artmaya başlamıştır. Fakat benzer sorunlar yine baş göstermiş, bu sorunlar İYM araç ve EA arasında bir geçiş formu olan HEA'ın doğmasına sebep olmuştur. Bugün ise daha yüksek enerji kapasiteli bataryalara sahip, Plug-in HEA'lar (PHEV) gündemdedir. Sonuç olarak daha yüksek enerji kapasiteli bataryalara olan ihtiyaç giderek artmaktadır. Bu gelişmeler, gerekli altyapıya uygun şarj cihazları gelişimini de beraberinde getirmektedir.Bu çalışmanın birinci bölümünde elektrikli araçların geçmişten günümüze gelişimi konusunda genel bilgiler verilmiştir.İkinci bölümde bataryalar ve batarya şarj kontrol yöntemlerine yer verilmiştir.Üçüncü bölümde şarj cihazlarının donanımsal yapısı hakkında bilgiler verilmiştir. Dördüncü bölümde dünya genelinde mevcut şarj istasyonu standartlarına yer verilmiştir. Beşinci bölümde EA, HEA ve şarj istasyonları Türkiye özelinde ele alınmış, bu kapsamda satışı yapılmış EA,HEA satış grafiği verilmiştir Son bölümde ise toplanan verilerin değerlendirilmesi yapılmış ve EA'ların yaygınlaşması sonrası beklenen dağıtım sebekesi etkilerinden bahsedilmiştir.

2.ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA KULLANILAN BATARYALAR VE BATARYA ŞARJ KONTROL YÖNTEMLERİ

Elektrik enerjisini kimyasal ortamda depolamaya yarayan bataryalar, elektrikli araçların temel enerji kaynaklarıdır. EA uygulamalarında kullanılan bataryaların yüksek güç yoğunluğuna, yüksek enerji yoğunluğuna, uzun çevrim ömrüne sahip olması ve çevre dostu olması istenmektedir. Enerji yoğunluğu enerji kaynağının birim kütlesinde depolanan enerji miktarını göstermektedir. Güç yoğunluğu ise enerji kaynağının birim kütlesinin verdiği güç olarak ifade edilmektedir. Bataryanın yüksek güç yoğunluğuna sahip olması sayesinde aracın ani hızlanmasıyla bataryadan yüksek değerde akımlar çekilebilirken, bataryanın yüksek enerji yoğunluğuna sahip olması sayesinde hem araç daha fazla kilometre kat eder hem de daha az şarj çevrimi gerektirir. Bataryanın uzun ömürlü olması sayesinde bataryanın masrafları düşer ve batarya dış etkenlerden az etkilenir. Bataryanın çevre dostu olması sayesinde ise hem bataryaların geri dönüşümü yapılabilir hem de bataryalardaki toksik maddeler azalır.

Günümüzde oldukça farklı bataryalar bulunmaktadır. Bu bataryalar fiyat, enerji yoğunluğu, güç yoğunluğu ve çalışma sıcaklıkları bakımından birbirlerinden farklılıklar göstermektedir.

Tablo 1'de EA'larda kullanılan bataryaların teknik ve genel özellikleri verilmiştir. Tablo 1'de yer alan bataryalardan NiMh ile Lityum-iyon bataryalar özellikleri dolayısıyla EA uygulamalarında ön plana çıkmaktadır. Ancak, batarya teknolojisindeki gelişmeler sonucunda, özellikle Lityum-iyon bataryaların enerji yoğunluğu yüksek değerlere çıkmıştır. Lityum-iyon bataryanın bu özelliği dolayısıyla, anlık olarak sürekli çekilen akımın çok üstünde akım verebilmektedir. Bu sebeple şu an diğer bataryalara göre daha popülerdir. Ancak hala geliştirilmeye ihtiyaç duyan özellikleri vardır.

Lityum-iyon bataryalar üzerine yapılan çalışmalar sayesinde EA'ların menzilini daha da uzatmak istenmektedir. Tablo 2'de yapılan çalışmalar sonucunda yakın ve uzun dönem sonucunda ulaşılması planlanan lityum-iyon bataryaların özellikleri verilmiştir.

Tablo 1: EA'larda kullanılan bataryaların özellikleri

	NiCd	NiMH	NiZn	Kurşun - Asit	Zebra NaNiCl	Lityum-iyon Kobalt	Lityum-iyon Manganez	Lityum-iyon Fosfat	Lityum-iyon Polimer	Lityum Demir Fosfat
Üretime Geçiş Tarihi	1950	1990	-	1970	1982	1991	1996	2006	1996	-
EA'larda Kullanımı	Zayıf	HEA	HEA	Zayıf	TEA, HEA, PHEA	Zayıf	TEA, HEA, PHEA	TEA, HEA, PHEA	TEA, HEA, PHEA	TEA, HEA, PHEA
Enerji Yoğunluğu (Wh/kg)	45 ~ 80	60 ~ 120	60	30 ~ 50	90 ~ 120	150 ~ 190	100 ~ 135	90 ~ 120	130 ~ 225	90 ~ 120
Çevrim Ömrü	1500	300 ~ 500	200 ~ 500	200 ~ 300	1000	300 ~ 500	300 ~ 600	> 1000	> 1000	2000
Hızlı Şarj Süresi (saat)	1	2 ~ 4	1	8 ~ 16	1	1.5 ~ 3	< 1	< 1	< 1	< 1
Aşırı Şarj Dayanımı	Orta	Düşük	-	Yüksek	-	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük
Özboşalım /Ay	20%	30%	20%	5%	0%	<10%	<10%	<10%	5%	0.3%
Hücre Gerilimi (V)	1.25	1.25	1.7	2	2.58	3.7	3.8	3.3	3.7	3.3
En iyi yük akımı (tepe değeri)	1C (20C)	0.5C (5C)	-	0.2C (5C)	-	<1C (<3C)	10C (>30C)	10C (>30C)	1C (10C)	-
Çalışma Sıcaklığı (°C)	-40 ~ 60	-20 ~ 60	-20 ~ 60	-20 ~ 60	270 ~ 350	-20 ~ 60	-20 ~ 60	-20 ~ 60	-20 ~ 60	-20 ~ 60
Bakım Gereksi-nimi	30 ~ 60 gün	60 ~ 90 gün	-	3 ~ 6 ay	Yok	-	-	-	-	-
Fiyat $/kWh	~ 410	~ 600	~ 300	~ 50	-	> 1000	> 1000	> 1000	> 1000	> 1000
Güçlü Yönleri	Emniyetli, Uzun Ömürlü	Emniyetli, Yüksek Güçlü, Kompakt	Emniyetli , Nispeten Ucuz	Pahalı Değil, Geri Dönüştürülebilir, Olgunuş Teknolojiye Sahip	Yüksek Güçlü, Uzun Ömürlü	Kompakt, Çevre Dostu, Hafif, Hafıza Etkisi Yok	Kompakt, Çevre Dostu, Hafif, Hafıza Etkisi Yok	Kompakt, Çevre Dostu, Hafif, Hafıza Etkisi Yok	Hafif, Hafıza Etkisi Yok, Uzun Ömürlü	Kompakt, Emniyetli, Çevre Dostu, Düşük Fiyatlı, Hafıza Etkisi Yok
Zayıf Yönleri	Toksik maddeler içerir, Bakım, Maliyet, Kısmen Kompakt, Enerji Yoğunlu-ğu Düşük	Maliyet, Ömrü, Yüksek Isı Oluşturması	Az Ömürlü, Kısmen Kompakt	Kompakt Değil, Bakım Gerektirir, Anlık Yüksek Akım Veremez, Enerji Yoğunluğu Düşük, Ömrü, Gücü Yetersiz, Hızlı Şarja Uygun Değil	Yüksek Sıcaklık	Güvenlik Sorunları, Maliyet	Güvenlik Sorunları, Maliyet	Güvenlik Sorunları, Maliyet	Standart Ölçülere Sahip Değil, Maliyet, Güvenlik Sorunları	İletkenliği Zayıf, Hacim ve Ağırlık, Maliyet,

Tablo 2: Kısa ve uzun vadede ulaşılmak istenen lityum-iyon bataryaların özellikleri

	150 Km Menzilli EA		200 Km Menzilli EA		400 Km Menzilli EA	
Zaman Dilimi	Yakın Dönem	Uzun Dönem	Yakın Dönem	Uzun Dönem	Yakın Dönem	Uzun Dönem
Enerji (kWh)	33	27	44	36	88	72
Güç (kW)	75	75	75	75	75	75
Ağırlık (kg)	180 ~ 240	130 ~ 200	235 ~ 315	170 ~ 270	415 ~ 555	310 ~ 470
Batarya Maliyeti ($)/kWh	470 ~ 620	350 ~ 530	445 ~ 590	330 ~ 505	405 ~ 535	300 ~ 460
Toplam Batarya Fiyatı ($)	16000 ~ 20000	9000 ~ 14000	20000 ~ 26000	12000 ~ 18000	36000 ~ 47000	22000 ~ 33000

Bir bataryanın şarj ve deşarj olma kabiliyeti bataryanın tasarımı, şarj durumu, sıcaklığı, daha önceki çevrim geçmişi ve kullanımı gibi birçok unsura bağlıdır. Bu çoğul bağımlılık, bataryanın şarj durumu tespitini ve şarj yöntemlerini karmaşık hale getirmektedir. En çok kullanılan batarya şarj yöntemleri; sabit akımda şarj, sabit gerilimde şarj ve sabit akım-sabit gerilim (iki basamaklı) şarj olarak sıralanabilir.

Batarya şarj ederken genel eğilim, bataryaya zarar vermeden kısa sürede şarj olabilmesi için şarj cihazının ve bataryanın limitleri çerçevesinde, bataryaya maksimum şarj akımı sağlamaktır. Bu bağlamda, şarj yöntemi büyük şarj ve sızıntı şarjı olmak üzere iki bölüme ayrılabilir. Enerji transferinin büyük kısmı, büyük şarj kısmında ve büyük şarj akımıyla gerçekleşir. Sonra sızıntı şarjı ile ve küçük akımlarla tamamlanır. Şarj süresinin olabildiğince kısa olması, büyük şarj kısmında mümkün olduğunca büyük şarj akımı sağlanmasıyla gerçekleşir. Bataryanın aşırı şarja maruz kalmaması için şarjın sonlarına doğru akım azaltılır. Böylece bataryanın aşırı şarj olup gaz çıkışı ve elektrolit kaybına uğraması nedeniyle ömrünün kısalması ve performansının azalması engellenmiş olur.

2.1. Sabit Akımda Şarj Etme Yöntemi

Bu yöntem bataryayı şarj edebilmek için kullanılan basit bir yöntemdir. Şarj akımı seri bağlı olan tüm batarya hücrelerinde eşittir. Bataryalarda şarj durumu arttıkça beraberinde iç direncinde artış göstermesinden dolayı, sabit akımda şarja devam edebilmek için gerilim sürekli arttırılmalıdır. Ancak bu yöntemde seçilen şarj akımı çok önemlidir. Çünkü çok yüksek seçilen şarj akımı bataryanın kısa sürede şarj olmasına imkân sağlarken diğer yandan bataryanın aşırı şarja maruz kalması ve fazla ısınması nedeniyle zarar görmesine sebep olabilir. Düşük akımda şarj ise şarj süresinin uzamasına neden olur.

2.2. Sabit Gerilimde Şarj Etme Yöntemi

Sabit gerilimde batarya şarjı, gerçekleştirmesi ve kontrolü basit bir yöntemdir. Şarjın başlangıcında, düşük batarya iç direncine bağlı olarak kaynaktan yüksek bir akım çekilebilir, çekilebilecek bu yüksek akımın elemanlara zarar vermemesi için sınırlandırılması gerekir. Batarya elemanlarına, zarar görmeyecekleri gerilimler uygulanarak şarj başlatılır. Daha sonra batarya gerilimi istenen bir seviyeye geldiğinde, gerilim sabit tutularak şarja devam edilir. Şarj artışına bağlı olarak artan batarya iç direnci nedeniyle şarj akımı zamanla azalır. Bu da şarjın, sızıntı akımıyla tamamlanmasını ve böylece bataryanın aşırı şarj olma ihtimalinin, bir önceki yönteme göre azalmasını sağlar. Ancak şarj akımında oluşan azalma nedeniyle bataryanın şarj olma süresi, bir önceki yönteme göre daha uzundur.

2.3. Sabit Akım-Sabit Gerilimde Şarj Etme Yöntemi

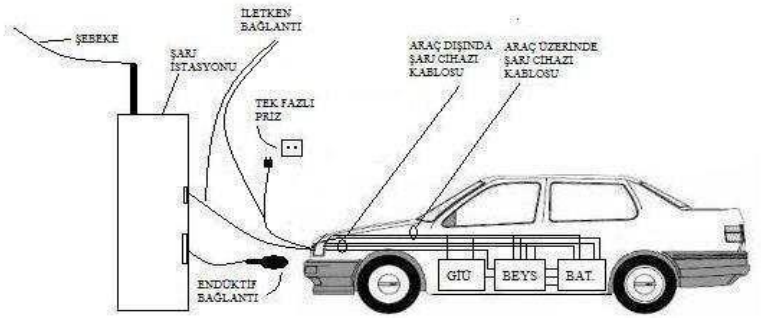
Bu yöntemde, bataryaya sabit akım ve sabit gerilim periyotları olmak üzere iki periyotta şarj uygulanır.Bataryaların aşırı şarja karşı çok hassas olmaları, şarjın başlangıcında sabit gerilim uygulandığında kaynaktan aşırı akımlar çekilmesi ve şarjın olabildiğince kısa olması istendiğinden dolayı şarj önceden ayarlanmış bir gerilim seviyesine ulaşana kadar sabit akımla başlar, sonrasında sabit gerilimle devam eder ve biter.

3. ŞARJ CİHAZLARININ DONANIMSAL YAPISI

Bir EA ve HEA batarya şarj cihazı iki ana bölümden oluşur.

- Güç İşleme Ünitesi (Power Processing Unit)
- Batarya Enerji Yönetim Sistemi (Battery Energy Management System)

Şekil 1'de gösterilen bu iki ünite bataryaya optimum güç akışı sağlamakla görevlidir.



Şekil 1. Batarya şarj cihazlarının donanımsal yapısı, yerleşimi ve şarj gücü aktarım şekilleri.

3.1. Güç İşleme Ünitesi (GİÜ)

GİÜ, bataryanın bir elektrik enerji kaynağından şarj olabilmesi için gerekli olan DC akımın elde edildiği ve ayarlandığı ünitedir. Bataryalar şarj olabilmek için genellikle 200-500Vdc gerilime ihtiyaç duyarlar. Bu ünite mevcut elektrik enerjisi kaynaklarının AC olması sebebiyle genel olarak bir AC-DC dönüştürücüden oluşmaktadır. Ancak günümüzde bazı gelişmiş batarya şarj cihazları DC kaynaktan da şarj gücü sağlayabilecek şekilde tasarlanmaktadır. Literatürde, güç elektroniği ve yarı iletken teknolojisinin gelişimine bağlı olarak farklı istekler doğrultusunda farklı GİÜ'leri görmek mümkündür. Bu ünite kaliteli ve verimli bir elektrik enerjisi sağlamasının yanı sıra bataryanın şarj ihtiyaçlarına da en iyi cevap verecek şekilde tasarlanmalıdır. Maksimum verim için, GİÜ'de kullanılacak olan ara dönüştürücüler, elemanlar ve kontrol teknikleri dikkatle seçilmelidir. Bu ünite duruma göre araç üzerinde veya araç dışında olabilir.

3.2. Batarya Enerji Yönetim Sistemi (BEYS)

Bir batarya şarj cihazı, bataryayı en iyi bir şekilde şarj edebilmek için bataryanın şarj durumu, sıcaklığı, gerilimi, akımı gibi bilgilere ihtiyaç duyar. Bir mikroişlemci ve sensörlerden oluşan BEYS, araç üzerinde ve bataryanın yanında bulunur. Mikroişlemci bataryanın şarj algoritmasını içerir. Sensörler ise bataryanın gerilimi, akımı ve sıcaklığı gibi büyüklükleri ölçerler. Mikroişlemci, sensörlerden aldığı bilgiler doğrultusunda istenen şarj akımını bataryaya sağlar.BEYS, şarj sırasında oluşabilecek batarya içi veya batarya dışı hatalara karşı da koruma sağlar. Bir hata oluştuğunda hatanın tipini belirler ve gerekirse şarjı durdurur. BEYS, aynı zamanda batarya şarj durumunu en iyi şekilde belirleyerek bataryanın aşırı şarj ve deşarj olmasını engeller.

4.ŞARJ İSTASYONU STANDARTLARI

4.1.SAE J1772 - Kuzey Amerika ve Japonya - Society of Automotive Engineers (SAE)

Tablo 3.SAE standartı şarj istasyonu özellikleri.

	Şarj Yöntemi	Anma Gerilimi(V)	Maks.Akım(A)	Maks.Güç(kW)
AC	Seviye 1	120	12	1,44
		120	16	1,92
	Seviye 2	208-240	>20	19,2
			≤ 80	
DC	Seviye 1	200-500	80	40
	Seviye 2	200-500	200	100

AC Seviye 1
- 3,2 - 8 km
- 300-1000$

AC Seviye 2
- 16 - 32 km
- 500-3500$

DC Şarj
- Trafik yoğun bölgeler
- Otobanların yanındaki dinleme tesisleri
- Benzin istasyonları
- EA araç filosu olan şirketler
- + 300 km şarj menzili
- 20,000-40,000$

4.2.IEC 61851 – Avrupa ve Çin

Tablo 4.IEC standartı şarj istasyonu çalışma modları.

Şarj Yöntemi	**Nominal Gerilim**	**Maksimum Akım**
Mod 1	Tek faz ≤ 250 V Üç faz ≤ 480 V	≤ 16 A
Mod 2	Tek faz ≤ 250 V Üç faz ≤ 480 V	≤ 32 A
Mod 3	Tek faz ≤ 250 V Üç faz ≤ 480 V	≤ 250 A
Mod 4	≤ 1000 V DC	≤ 400 A

4.3.CHAdeMO - Japonya

(Tokyo Elektrik Enerjisi Şirketi (TEPCO) - Nissan, Mitsubishi, Subaru ve Toyota ile)

Hızlı şarj teknolojisi patenti

Tablo 5.CHAdeMO standartı şarj istasyonu özellikleri.

Şarj Yöntemi	**DC Çıkış Gerilimi (V DC)**	**Maksimum Akım (Amper-Sürekli)**	**Maksimum Güç (kW)**
CHAdeMO	500	125	62,5

4.4.Soket Tipleri

	ABD	AVRUPA	JAPONYA
AC	 SAE J1772/IEC 62196-2	 IEC 62196-2 Tip 2	 SAE J1772/IEC 62196-2
DC	 IEC 62196-3	 IEC 62196-3	 CHAdeMO
COMBO	 SAE J1772/IEC 62196-3	 IEC 62196-3	

Şekil 2. Standartlara göre soket tipleri.

5.TÜRKİYEDEKİ ŞARJ İSTASYONU FİRMALARI VE SATIŞ RAKAMLARI

Elektrikli otomobil sahipliği her geçen yıl artarken, şarj istasyonları yatırımı da bu artışa paralel olarak artıyor. 2011 yılından itibaren Türkiye yollarında dolaşan elektrikli otomobil sayısı Eylül 2020 itibariyle toplam 1305 adete ulaştı. Şarj soketi sayısı ise 582 adete çıkarak, bir çok Avrupa ülkesinin dahi önüne geçti.

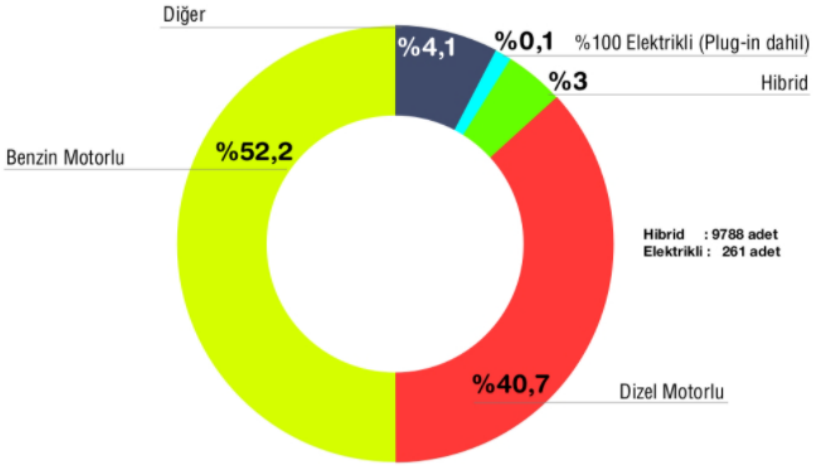
Elektrikli ve Hibrid Araçlar Derneği'nin (TEHAD) yaptığı çalışmanın sonucuna göre, ülkemizde 11 firmanın fiilen şarj istasyonu yatırımı bulunuyor. Bu alanda toplam 18 firma ise, satış–pazarlama faaliyetlerini sürdürüyor. *Bu firmalardan* 8'i %100 milli sermaye *ile kurulmuş, bu topraklardan çıkan markalardır. Bu 8 marka, Türkiye'deki şarj soketlerinin* 316*'sına sahiptir.*Eşarj, Gersan, Vestel**,** Voltrun, Sharz.net,ZES Zorlu Enerji, *BD Oto ve DMA Oto faaliyet gösteren firmalardan birkaçıdır.*

2011 yılında Renault Fluence ZE ile başlayan Türkiye elektrikli otomobil macerası, 2015 yılında BMW i3 ve Renault Zoe modellerinin de katılması ile hız kazanmıştı. 2020 yılına geldiğimizde ise ithalat yolu ile dışarıdan getirilen elektrikli modeller hariç, pazarımız 5 yeni modele ulaştı. Milli otomobil projelerimizin de devreye girmesi ile birlikte, Türkiye Elektrikli otomobil pazarı 2022 yılı itibariyle 10 adetin üzerinde yeni model ile temsil edilecektir.

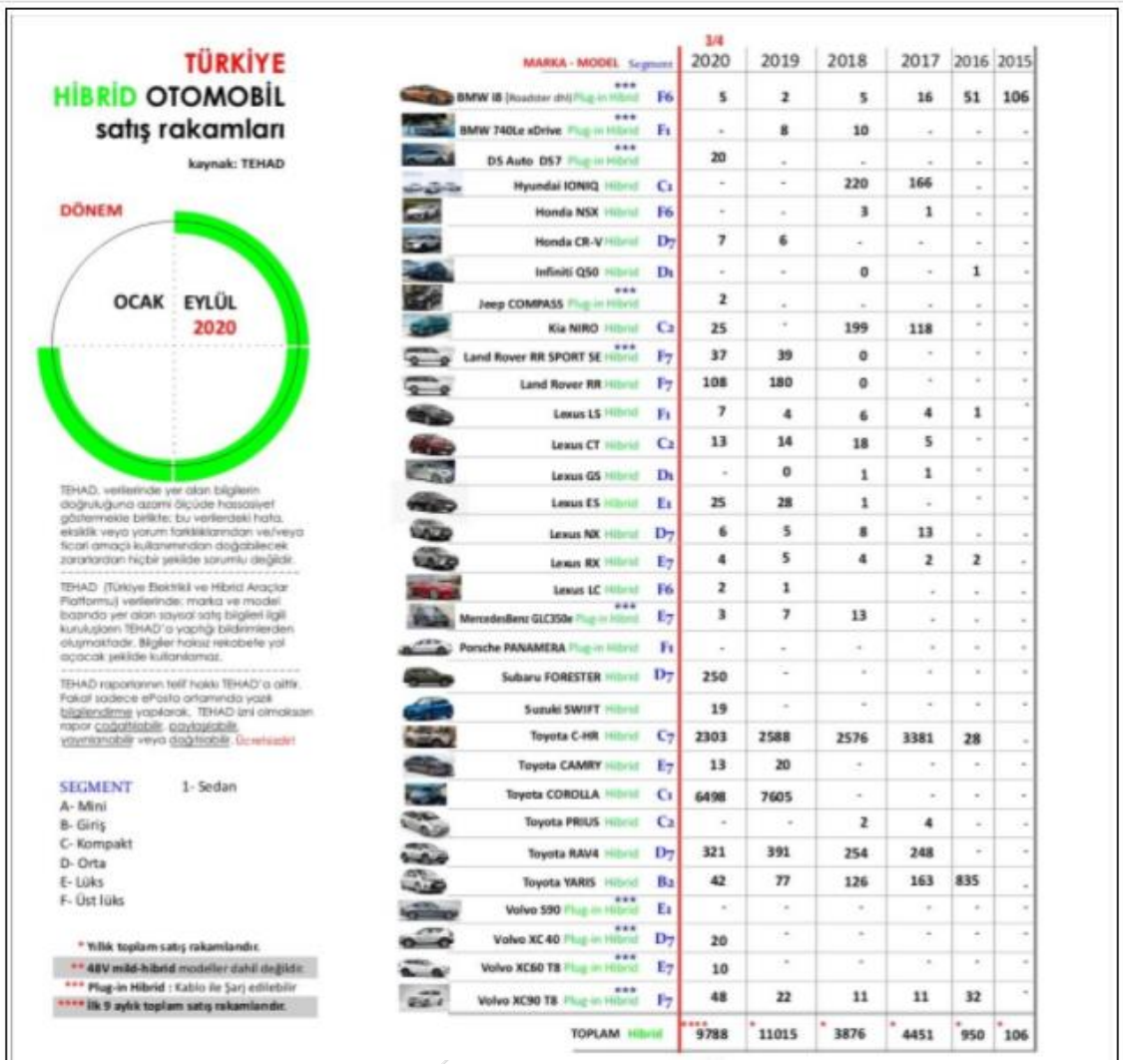


MARKA - MODEL	Segment	2020	2019	2018	2017	2016	2015
Audi eTRON	*	-	-	-	-	-	-
BMW i3 (i3s dhl)	C2	23	50	37	35	24	83
GÜNSEL B9	2022	-	-	-	-	-	-
Hyundai KONA	*	-	-	-	-	-	-
Jaguar I-PACE	E7	60	119	38	-	-	-
Mercedes Benz EQC	*	-	-	-	-	-	-
Mini COOPER SE	B2	76	-	-	-	-	-
Nissan LEAF	*	-	-	-	-	-	-
Porsche TAYCAN	*	-	-	-	-	-	-
Renault ZOE	B2	60	31	79	42	20	36
Smart EQ ForFour ForTwo	A6	42	22	1	-	-	-
TOGG	2022	-	-	-	-	-	-
TOPLAM Elektrikli		*** 261	** 222	** 155	** 77	** 44	** 119

Şekil 3.Türkiye elektrikli otomobil satış rakamları.



Şekil 4.Türkiye elektrikli otomobil pazarı. (Ocak-Eylül 2020)



MARKA - MODEL	Segment	1/4 2020	2019	2018	2017	2016	2015
BMW i8 (Roadster dhl) Plug-in Hibrid ***	F6	5	2	5	16	51	106
BMW 740Le xDrive Plug-in Hibrid ***	F1	-	8	10	-	-	-
DS Auto DS7 Plug-in Hibrid ***		20	-	-	-	-	-
Hyundai IONIQ Hibrid	C1	-	-	220	166	-	-
Honda NSX Hibrid	F6	-	-	3	1	-	-
Honda CR-V Hibrid	D7	7	6	-	-	-	-
Infiniti Q50 Hibrid	D1	-	-	0	-	1	-
Jeep COMPASS Plug-in Hibrid ***		2	-	-	-	-	-
Kia NIRO Hibrid	C2	25	-	199	118	-	-
Land Rover RR SPORT SE Hibrid ***	F7	37	39	0	-	-	-
Land Rover RR Hibrid	F7	108	180	0	-	-	-
Lexus LS Hibrid	F1	7	4	6	4	1	-
Lexus CT Hibrid	C2	13	14	18	5	-	-
Lexus GS Hibrid	D1	-	0	1	1	-	-
Lexus ES Hibrid	E1	25	28	1	-	-	-
Lexus NX Hibrid	D7	6	5	8	13	-	-
Lexus RX Hibrid	E7	4	5	4	2	2	-
Lexus LC Hibrid	F6	2	1		-	-	-
MercedesBenz GLC350e Plug-in Hibrid ***	E7	3	7	13	-	-	-
Porsche PANAMERA Plug-in Hibrid	F1	-	-	-	-	-	-
Subaru FORESTER Hibrid	D7	250	-	-	-	-	-
Suzuki SWIFT Hibrid		19	-	-	-	-	-
Toyota C-HR Hibrid	C7	2303	2588	2576	3381	28	-
Toyota CAMRY Hibrid	E7	13	20	-	-	-	-
Toyota COROLLA Hibrid	C1	6498	7605	-	-	-	-
Toyota PRIUS Hibrid	C2	-	-	2	4	-	-
Toyota RAV4 Hibrid	D7	321	391	254	248	-	-
Toyota YARIS Hibrid	B2	42	77	126	163	835	-
Volvo S90 Plug-in Hibrid ***	E1	-	-	-	-	-	-
Volvo XC 40 Plug-in Hibrid ***	D7	20	-	-	-	-	-
Volvo XC60 T8 Plug-in Hibrid ***	E7	10	-	-	-	-	-
Volvo XC90 T8 Plug-in Hibrid ***	F7	48	22	11	11	32	-
TOPLAM Hibrid		**** 9788	* 11015	* 3876	* 4451	* 950	* 106

Şekil 5.Türkiye hibrit elektrikli otomobil satış rakamları.

6. ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN DAĞITIM SİSTEMLERİNE ETKİLERİ

EA'ların piyasaya çıkmasıyla bahsi geçen mali ve çevresel problemler azalmaya başlayacaktır. Ancak EA'ların ulaşım piyasasında büyük bir yüzdeye sahip olmasıyla beraber, EA'ların şebeke üzerine bazı etkiler yapması muhtemeldir. Bu bölümde öncelikle şarj edilebilen EA'lar şarj edilirken enerji dağıtım sistemine yapabilecekleri etkilerden bahsedilecektir. Ardından da bu etkileri ortadan kaldırmak için çözümler önerilecektir.

6.1. Faz Dengesizliği

Üç fazlı kaynaklar daha fazla güç sağlar ve hızlı şarja olanak tanır. Ancak üç fazlı besleme noktalarının durumu şu anda sınırlıdır. Tek fazlı sisteme ait arabirim elemanları daha pratik olması ve her yerde mevcut olması dolayısıyla şarj işleminde ön plana çıkmaktadır. Ancak aynı anda farklı fazlarda farklı miktarlarda araçların şarj işlemleri sonucunda faz akımlarında dengesizler oluşacak, buna bağlı olarak dengesiz gerilim düşümleri ve dolayısıyla da gerilimlerde de dengesizlikler meydana gelebilecektir.

6.2. Güç Kalitesi Sorunları

Elektriğin iletiminde ve dağıtımında AC gerilim kullanılmaktadır. EA'larda enerji depolama kaynağı olarak batarya kullanıldığından dolayı DC gerilime ihtiyaç duyarlar.EA'ların şarj işleminde öncelikle bir güç dönüştürücüsü ile AC gerilimin DC gerilime dönüştürülmesi sağlanır. Ardından bahsi geçen DC gerilim bir DC/DC dönüştürücü aracılığı ile aracın bataryalarını şarj etmekte kullanılır. Bu işlemlerin

her aşamasında da harmonik bileşenler üretilmektedir . İnverter ve batarya şarj cihazları gibi lineer olmayan üniteler içeren yüklerin yayılması elektrik dağıtım sistemleri üzerinde gerilim bozulmalarına ve akım harmonik distorsiyonunda önemli bir artışa neden olmaktadır. Bu harmonikler, aşırı nötr akımlarına ve transformatörlerin aşırı ısınması dahil olmak üzere güç sistemi üzerinde birçok probleme neden olabilir.

6.3. Transformatörler Üzerindeki Etkileri

Transformatör üreticileri, transformatörlerin kendi belirtikleri koşullarda kullanılması halinde transformatörlerin ömürlerinin 40 ile 50 yıl arasında olacağını belirtmektedir. Ancak gerçek koşullar altında bir transformatörün ömrü ortalama olarak 17 yıldır. EA'ların ve HEA'ların yaygınlaşmasıyla birlikte şebekeden talep edecekleri enerji sebebiyle transformatörlerin ömürleri üzerinde olumsuz etkiler yapması beklenmektedir. İlk olarak, şarj taleplerindeki artışlar sebebiyle transformatörlerin yüklenmesi artacak ve transformatörlerin ısısı artacaktır. Bu ısı artışı da transformatörün ömrünü kısaltacaktır. İkinci olarak, Pik zamanları dışında şarj işleminin yapılmasından dolayı oluşan daha düzgün bir yük profili, transformatörün sıcaklığına bağlı olarak oluşan günlük genleşme ve büzüşmelerini azaltabilir. Bu da transformatörünün mekanik aşınma ve yıpranma miktarını azaltır.

EA'larda ve HEA'lardaki şarj ünitelerinde dolayı oluşan harmonikler, dağıtım sistemlerinin altyapılarına da olumsuz etkiler yapabilir. Harmonikler sebebiyle transformatörün nüvesi üzerindeki girdap (eddy) akımlarında bir artış olur ve transformatör sargılarının deri derinliğinde azalma olabilir bu sebepler dolayısıyla transformatörün ortalama sıcaklığı artar. Bu sıcaklık artışından dolayı da güç kayıpları oluşur. Sıcaklık ve harmonik distorsiyonu dışında şarj karakteristikleri ile trafo başına düşen araç sayısının artışı da transformatörün kullanım ömrünü azaltmaktadır.

Ayrıca, EA'lar ve HEA'ların pazar payları belirli bir oranın üzerine çıktığında farklı şarj etme zamanlamalarına bağlı olarak farklı tepe noktaları oluşabilecek ve dağıtım transformatörlerinde kapasite zorlanmalarına sebep olacaktır.

Elektrikli araçların büyük oranda ulaşım sektörüne sahip olmasıyla beraber yukarıda belirtilen problemlerin ortaya çıkma ihtimali çok yüksektir. Bu problemlerin çözümüne yönelik araştırmalar yapılmaktadır. Bu problemleri engellemek için ilk akla gelen yöntem, var olan dağıtım transformatörlerinin ve iletkenlerin kapasitelerinin artırılmasıdır. Ancak bu çözüm oldukça pahalıdır. Bu nedenle, var olan elektrik sistemini daha etkin kullanabilmek için, elektrik tüketim talebinin kontrol altında tutulması daha uygundur. EA'ların elektrik talebinin kontrol altında tutulması için çeşitli çalışma durumları vardır. Bunlar, akıllı şarj (V1G), araçtan şebekeye çalışma durumu (V2G) ve ileri nesil araçtan şebekeye çalışma durumu (V2G NGU)'dur.

7. SONUÇ

EA'ların petrol rezervinin azalması ve çevrenin korunması için yapılan çalışmalar nedeniyle önümüzdeki yıllarda otomobil pazarında önemli bir paya sahip olması beklenmektedir. Bu araçların ihtiyacı olan enerjinin şebekeden karşılanacak olması, dağıtım sisteminde büyük bir yük artışına sebep olacaktır. Bu durum, bütün elektrik enerjisi sistemi elemanlarının kapasitelerinin zorlanmasına, ömürlerinin azalmasına ve enerji kalitesi problemlerine neden olacaktır.Bahsi geçen problemleri engellemek için ilk akla gelen yöntem mevcut elektrik sistemine ait bileşenlerin kapasitelerini arttırmaktır. Ancak bu işlem hem çok masraflıdır hem de çok fazla iş gücü gerektirmektedir. Bu yatırımların uzun vadeye yayılarak yapılması daha doğru olur. Bu sebeplerden dolayı günümüzde bu problemleri engellemenin en iyi yöntemi mevcut elektrik sistemini olabildiğince etkin ve verimli bir şekilde kullanmaktır. Elektrik sistemimizi etkin kullanabilmek için hem EA'ların tasarımında hem de elektrik sisteminin altyapısında bazı düzenlemeler ve eklemeler yapmak gerekmektedir.Öncelikle, EA'larda bulunan inverterin tasarımı yapılırken hem harmonik oluşturmadan çalışması sağlanmalıdır hem de güç faktörünü olumsuz etkilememelidir. Hatta şebeke problemli ise şebekeyi düzeltici olarak çalışması hedeflenmelidir. EA'ların şarj işlemleri kontrollü olmalıdır. Bu sayede, pik zamanlarda aracın şarj olması engellenecektir.Ayrıca V2G yöntemiyle park halindeki EA'ların bataryalarının güç talebinin

yükseldiği saatlerde yedek güç kaynağı olarak çalışması sağlanmalıdır. Ancak yukarıda bahsedilen konuların hepsi akıllı şebeke ve akıllı sayaç teknolojilerinden bağımsız olarak düşünülemez. Çünkü akıllı şebeke sayesinde pik anları algılanacak araç şebeke ile iletişim kurarak çalışma modunu değiştirecektir.

KAYNAKLAR

BAYRAM,B. (2020), **İlk 9 aylik Elektrikli ve Hibrid satiş rakamlari belli oldu,14** Ekim 2020 tarihinde http://tehad.org/2020/10/14/ilk-9-aylik-elektrikli-ve-hibrid-satis-rakamlari-belli- oldu/ adresinden alındı.

HAYES, JOHN G., GOODARZI, G. ABAS.(2017),"*Electric Powertrain: Energy Systems, Power* Electronics and Drives for Hybrid", Electric and Fuel Cell Vehicles.

KUZU, Z. (2017), "*Elektrikli Araçlar İçin Batarya ve Ultrakapasitörden Oluşan Hibrit Enerji Depolama Sisteminin Yönetimi*" ,Yüksek Lisans Tezi.

SATILMIŞ, O., MEŞE, E., (2011),"*Elektrikli ve Hibrit Elektrikli Araçlar için Batarya Şarj Cihazları*", Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu.

ÜNLÜ, N. ,KARAHAN, Ş. ,TÜR, O. ,UÇARAOL, H. , ÖZSU, E. , YAZAR, A. , TURHAN, L. , TIRIS, M. , AKGÜN, F. (2003) TUBİTAK Marmara Araştırma Merkezi , "*Elektrikli Araçlar*", Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü, GEBZE.

YAĞCITEKİN, B., UZUNOĞLU, M., KARAKAŞ, A. (2011), "*Elektrikli Araçların Şarjı ve Dağıtım Sistemi Üzerine Etkileri*", Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu.

ARAÇLARDA KULLANILAN LASTİK BASINÇ DEĞERİNİN, LASTİK KALİTE PARAMETRELERİNE VE LASTİK ÖMRÜNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Semih Öngir
Pirelli Otomobil Lastikleri
semih.ongir@pirelli.com, ORCID ID: 0000-0003-4682-549X

Hüseyin Metin Ertunç
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Mekatronik Mühendisliği
hmertunc@kocaeli.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-1874-3104

Özet
Araçlarda kullanılan lastik basıncının değeri; sürüş konforu ve güvenliği ile yakıt tüketim miktarı ve lastik ömrünü doğrudan etkilemektedir. Çoğunlukla kullanıcılar doğru lastik basıncı hakkında yeterli bilgiye sahip olmayıp, yaz aylarında hız ve yakıt tasarrufu için basınç değerini arttırma, kış aylarında ise yol tutuşunu arttırmak amacı ile basınç değerini azaltma eğiliminde olabilmektedirler. Temelde yatan düşüncelerin doğru olması ile beraber, alt ve üst lastik basınç değeri limitlerin dışına çıkıldığında yapılan işlemin düşünülen yarardan çok zarar getirme ihtimali mevcuttur. Yapılan bu çalışmada lastik basınç limitlerinin ne olması gerektiği, basınç limitleri dışına çıkıldığında lastik kalite parametrelerinin ve lastik ömrünün bu değişimlerden nasıl etkilendiği incelenmiş, lastik parametre kabul değerleri referans alınarak, lastik iç basınç değerinin kabul edilebilir alt ve üst limitlerinin tespitine çalışılmıştır. Çalışma sırasında lastik basıncı haricindeki tüm değişkenler sabit tutulup, üç ayrı lastik test cihazında farklı basınçlarda testler yapılmıştır. Yapılan testlerden elde edilen sonuçlar birleştirilerek, kabul edilebilir alt ve üst lastik basınç değerlerinin ne olması gerektiği konusunda bir kestirimde bulunulmuştur. Elde edilen veriler ilerleyen çalışmalarda bu değerlerin limitlerinin arttırılması için lastik tasarımında yapılabilecek değişiklikler için yol gösterici olacaktır. Ayrıca yapılan kestirimde elde edilen sonuçlar, son zamanlarda yeni nesil araçlarda kullanılmaya başlanan lastik basıncı izleme sistemlerinin alarm eşik değerlerinin belirlenmesinde de kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Lastik basıncı, basınç limitleri, TPMS.

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF TIRE PRESSURE VALUE USED IN VEHICLES ON TIRE QUALITY PARAMETERS AND TIRE LIFE

Abstract
The value of tire pressure used in vehicles, directly affects driving comfort and safety, amount fuel consumption and tire life. Generally, the users do not have enough information about the correct tire pressure, and they tend to increase the pressure value in summer period for speed and fuel savings, and tend to decrease the pressure value in winter period in order to increase road contact. Although the underlying thoughts are correct, when the lower and upper tire pressure values are out of the limits, there is a possibility that the actions will do more harm than the intended benefit. In this study, it was examined what the tire pressure limits should be, how tire quality parameters and tire life are affected by these changes when the pressure limits are exceeded, and it was tried to determine the acceptable lower and upper limits of the tire inner pressure value by taking the tire parameter acceptance values as a reference. During the study, all variables except tire pressure were kept constant, and tests were performed at different pressures on three separate tire test devices.
Combining the results obtained from the test results, a prediction has been done to define acceptable upper and lower tire pressure values. The obtained data will guide the changes that can be made in the tire design to increase the limits of these values in future studies. In addition, the results obtained from the estimation can also be used to determine the alarm threshold values of tire pressure monitoring systems, which have recently been used in new generation vehicles.

Keywords: Tire pressure, pressure limits, TPMS.

1. GİRİŞ

Lastik basıncının değişiminin araç ve lastik üzerinde oluşturduğu etkiler çeşitli çalışmalarda ele alınmıştır. Bu çalışmalar arasında, yanlış lastik basıncının frenleme sırasında araç dinamiklerine etkileri (Janulevicius ve Pupinis.,2020), tam araç modeli kullanılarak lastik basıncı değişiminin araç süspansiyon sistemi üzerindeki etkileri (Hamed ve ark.,2013), lastik basınç değişiminin lastik dönme direncine ve yakıt tüketimine olan etkisi (Saynak ve Kalasova., 2020) gibi çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalar kendi çalışmamızda bizim için yönlendirici olmuştur. Konuyu farklı bir açıdan ele almak ve bu konudaki çalışmalara katkı sağlamak için, çalışmamızda lastik basınç değişiminin kalite parametrelerine olan etkileri incelenmiştir. Lastikler son kullanıcıya sunulmadan önce çeşitli kalite testlerinden geçirilirler. Bu testlerin en önemlilerinden üç tanesinde, lastik basıncı normal test değerine göre arttırılıp azaltılmış, ölçülen kalite parametrelerine bu değişimlerin ne şekilde etki ettiği incelenmiştir. Sözü edilen testlerden birincisi lastik kuvvet testidir. İkinci test lastik geometrisi ile ilgili parametrelerin değişimini, üçüncü test yüksek hızlarda lastik dayanıklılığını ve sıcaklığını kontrol etmek için yapılmaktadır.

2. MATERYAL VE METOD

Çalışmada yapılacak testlerde kullanılmak üzere lastik olarak Şekil 1'de gösterilen Pirelli 315/30 ZR21 105Y seçilmiştir.



Şekil 1. Testlerde kullanılan lastik "Pirelli 315/30 ZR21 105Y"

Üretici firmanın her yapılan test için lastik kontrol talimatlarında belirtilen normal basınç değerleri referans alınıp bu referans üzerinden lastikte basınç değişimleri gerçekleştirilmiştir. Kuvvet ve lastik geometri testleri için altı adet, yüksek hız dayanıklılık testi için beş adet lastik testler sırasında kullanılmıştır.

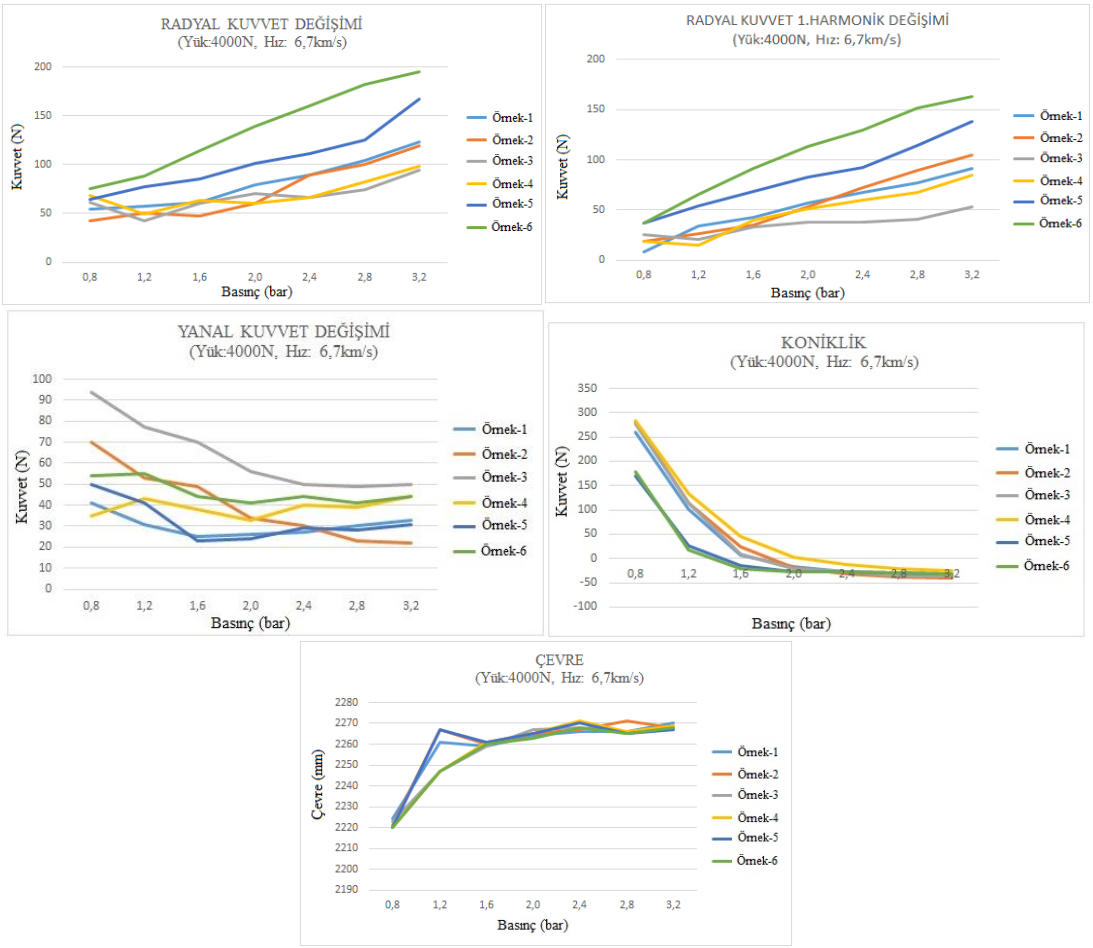
2.1. Kuvvet testleri

Lastik kuvvet testleri gerçekleştirilirken, lastik üzerine uygulanan kuvvet 4000N, lastiğin dayandığı ve döndürüldüğü tambur yarı çapı 860mm, lastiğin tambur üzerinde saat yönünde ve saatin tersi yönünde dönme hızı olarak 6,7km/s, normal test basıncı olarak 2 bar kullanılmıştır. Altı adet lastik 0,4 bar aralıklar ile 0,8 bar dan 3,2 bar a kadar şişirme basıncı kullanılarak test edilmiştir. Sonuçlar elde edilirken lastiğin dayandığı tamburun alt ve üst tarafında bulunan yük sensörlerinden gelen bilgiler ve lastiği döndüren motorun enkoder bilgileri kullanılmıştır. Kullanılan test düzeneği Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. Kuvvet testlerinde kullanılan test düzeneği

Kuvvet testlerinde lastiklerin sırasıyla radyal kuvvet değişimine, radyal kuvvet değişiminin birinci harmonik değerine, yanal kuvvet değişimine, koniklik değerine ve yük altında aktif lastik çevresi değerine bakılmıştır. Elde edilen değerler grafiksel olarak Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Kuvvet testlerinden elde edilen sonuçlar

Testlerde elde edilen değerlere göre lastiklerin radyal kuvvet değişim ve radyal kuvvet değişimi birinci harmonik değerleri, lastiğin basıncının artmasıyla orantılı olarak artmaktadır. Kalite parametresi olarak ele alınan bu iki değerde sadece üst sınır değeri vardır ve test edilen lastikte sırasıyla bu değer 170N ve 110N'dur. Basınç değerindeki azalma bu parametre değerlerini iyileştirmektedir. Sınır değerleri yalnızca basınç arttığında aşılmaktadır. Yanal kuvvet değişimi her ne kadar basınç artışıyla genel görünüm olarak azalmakta gibi görünsede test edilen dört lastikte basınç artışıyla beraber bu parametre değerinin arttığı bölgelerde görülmektedir. Bu yüzden basınç ile doğru veya ters orantılı bir durumun olduğundan bahsedilemez. Bu değişken durumun sebebi lastik iç yapısında kullanılan, açılı şekillerde ve birbirine çapraz olarak yerleştirilen tekstil ve metalik kuşakların her birinin basınç değişiminden farklı şekilde etkilenmesidir. Yanal kuvvet değişiminde test edilen lastik için sadece üst sınır değeri vardır ve 100N'dur. Koniklik değerlerinde basınç arttıkça pozitiflikten negatifliğe doğru giden bir azalma mevcuttur. Basınç ile ters orantılı bir durum mevcuttur. Bu parametre için sınır değerleri test edilen lastik için +/- 70N dur. Basınç değişiminde en çok belirlenen sınırlar dışına taşma bu parametre için görülmüştür. Yük altındaki çevre değişimi testi yapılan lastik için ihmal edilebilecek kadar küçük seviyelerdedir.

2.2. Geometri testleri

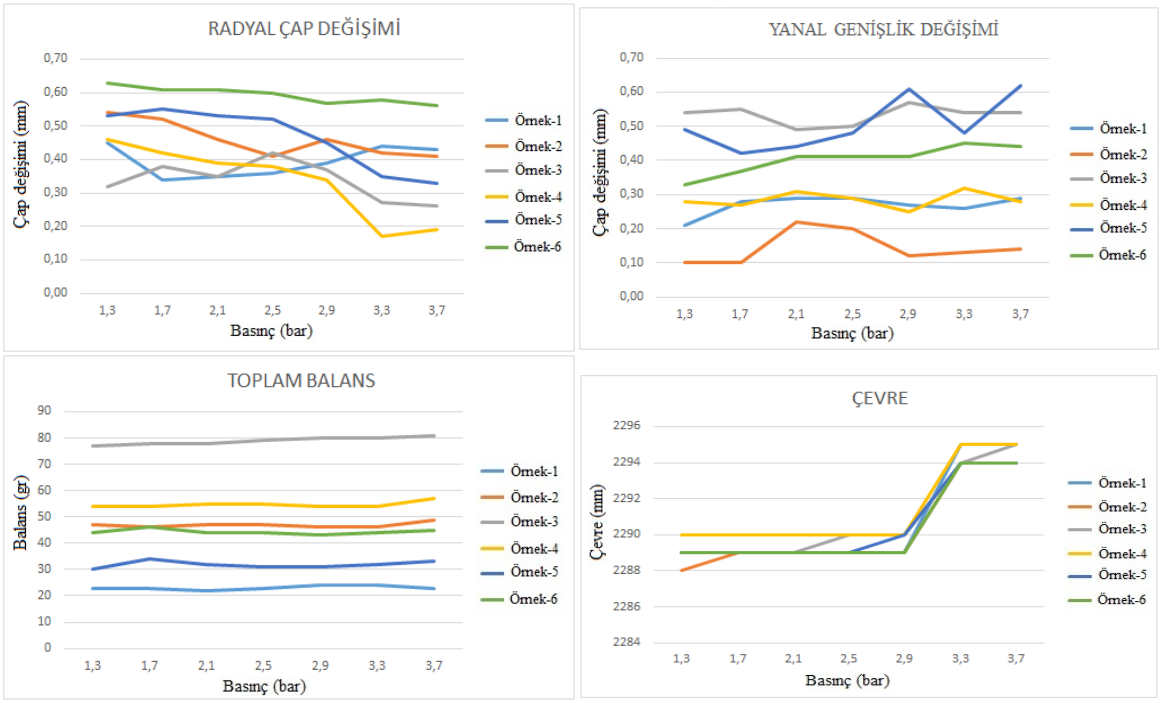
Geometri testleri gerçekleştirilirken, lastik üzerine kuvvet uygulanmamıştır. Lastiğin tambur üzerinde saat yönünde ve saatin tersi yönünde dönme hızı olarak 48km/s, normal test basıncı olarak 2,5 bar kullanılmıştır. Altı adet lastik 0,4 bar aralıklar ile 1,3 bar dan 3,7 bar'a kadar şişirme basıncı kullanılarak

test edilmiştir. Sonuçlar elde edilirken lastiği alt, üst ve yan tarafından gören lazer mesafe sensörlerinden gelen bilgiler kullanılmıştır. Kullanılan test düzeneği Şekil 4'te gösterilmektedir.



Şekil 4. Geometri testlerinde kullanılan test düzeneği

Geometri testlerinde lastiklerin sırasıyla radyal çap değişimine, yanal genişlik değişimine, alt ve üst taraftan gelen balans değerlerinin toplamına ve yüksüz iken lastik çevresi değerine bakılmıştır. Elde edilen değerler Şekil 5'te grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 5. Geometri testlerinden elde edilen sonuçlar

Testlerden elde edilen sonuçlara göre lastik geometrisiyle ilgili tüm parametrelerde lastik basıncının değişmesiyle meydana gelen değişimler ihmal edilebilecek seviyededir. Geometrik parametrelerde test edilen lastik için sınır değerleri, radyal çap değişimi için 1,3mm yanal genişlik değişimi için 1,3mm, toplam balans değeri için 90gr' dır. Yüksüz çevre değişimi için belirlenmiş bir sınır yoktur.

2.3. Yüksek hız ve dayanıklılık testleri

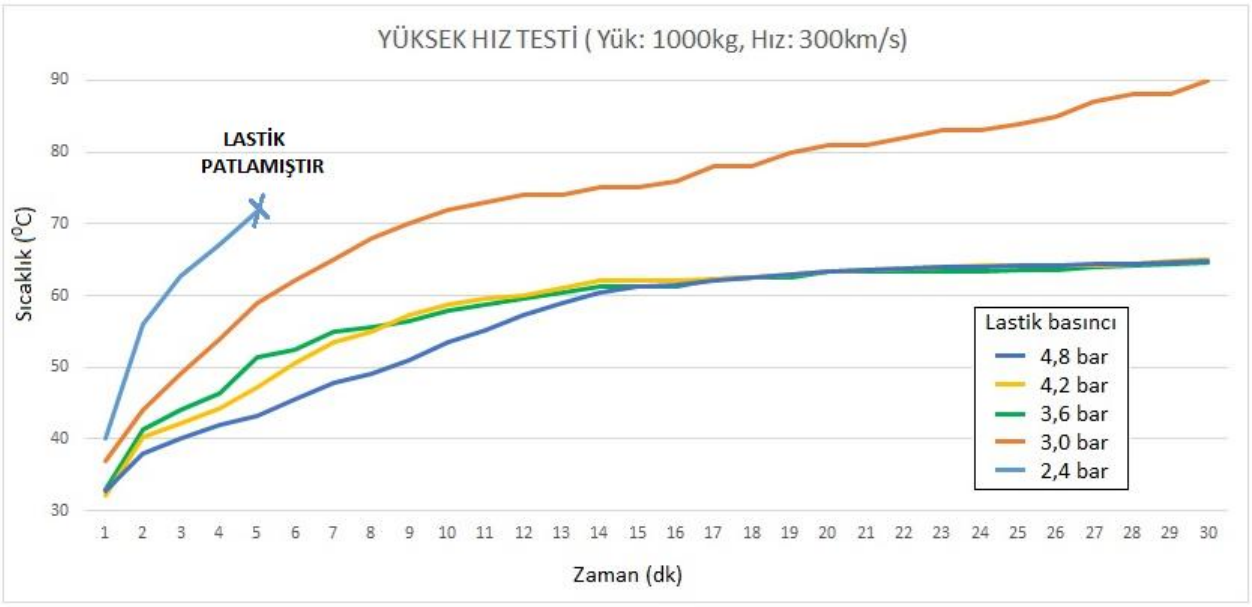
Yüksek hız ve dayanıklılık testleri gerçekleştirilirken, lastik üzerine uygulanan kuvvet 10000N, lastiğin dayandığı ve döndürüldüğü tambur yarı çapı 2000 mm, lastiğin tambur üzerinde dönme hızı olarak

300km/s, normal test basıncı olarak 3,6 bar kullanılmıştır. Altı adet lastik 0,6 bar aralıklar ile 2,4 bar'dan 4,8 bar'a kadar şişirme basıncı kullanılarak test edilmiştir. Sonuçlar elde edilirken lastik jantı içerisine yerleştirilen sıcaklık sensöründen ve deformasyonunun takibi için lastiğin dönme frekansında yanıp sönen bir aydınlatma ile kamera görüntülerinden yararlanılmıştır. Dönme frekansında çalışan aydınlatma sayesinde lastik dönme sırasında duruyor gibi görüntülenebilmiştir. Kullanılan test düzeneği Şekil 6'da gösterilmektedir.



Şekil 6. Yüksek hız ve dayanıklılık testlerinde kullanılan test düzeneği

Yüksek hız ve dayanıklılık testlerinde lastiklerin zamanla değişen iç sıcaklık değişimi ve görsel olarak aşınma bölgeleri takip edilmiştir. Elde edilen değerler Şekil 7'de grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 7. Yüksek hız ve dayanıklılık testlerinde elde edilen sonuçlar

Yüksek hız ve dayanıklılık testlerinde düşük basınç değerlerinde lastiğin iç sıcaklığının daha hızlı arttığı ve lastik omuz bölgelerindeki aşınmanın daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. 2,4bar da test edilen örnek, testin başlamasından 5,2 dakika sonrasında omuz bölgesinden patlamıştır. Lastik basıncının yüksek olduğu testlerde lastiğin iç sıcaklığının artışında dikkate değer bir değişim gözlenmemiştir, fakat lastik sırtının orta bölgesindeki aşınma diğer bölgelerden daha fazladır.

3. SONUÇLAR

Her üç test düzeneğinde yapılan testlerde kullanılan lastiklerin basınç değişimine karşı kalite parametrelerinde oluşturdukları değişim yüzdesel olarak hesaplanıp, bu değişim daha önce aynı lastik

ölçüsünde tüm kalite parametreleri açısından sınır değerlerinin içinde kalarak sağlam olarak nitelendirilen yüz adet lastiğe uygulanmıştır. Bu uygulamanın ardından basınç değişimlerinde kaç adet lastiğin, hangi parametreler açısından sınır değerler dışına çıktığı ve toplamda kaç adet lastiğin ıskarta sayılabilecek duruma geldiği bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Kalite sınır değerleri içinde kalan yüz lastikte basınç değişimlerinin etkisi

	-1,2 bar	-0,8 bar	-0,4 bar	+0,4 bar	+0,8 bar	+1,2 bar
Radyal kuvvet değişimi (<170N)	0	0	0	0	8	28
Radyal kuvvet değişimi 1.H. (<110N)	0	0	0	14	30	42
Yanal kuvvet değişimi (<100N)	58	38	12	8	2	10
Koniklik (+/- 70N)	82	74	32	22	25	30
Yük altında çevre (mm)	0	0	0	0	0	0
Radyal çap değişimi (<1,3mm)	0	0	0	0	0	0
Yanal çap değişimi (<1,3mm)	0	0	0	0	0	0
Toplam balans (<90gr)	0	0	0	0	0	0
Yüksüz çevre değişimi (mm)	0	0	0	0	0	0
ISKARTA	**96**	**82**	**36**	**22**	**47**	**82**

Tablo 1 incelendiğinde lastik basıncı değişiminin, kuvvet testlerinde kontrol edilen kalite parametrelerini lastikleri ıskarta olarak değerlendirilebilecek seviyeye getirdiği görülmektedir. Yüksek hız ve dayanıklılık testlerindede lastiğin düşük basınç seviyelerinde daha dayanıksız olduğu görülmüştür.

4. TARTIŞMA

İlerleyen çalışmalarda, elde edilen bu sonuçlar lastik tasarımında yapılabilecek değişiklikler için yol gösterici olacaktır. Son zamanlarda yeni nesil araçlarda kullanılmaya başlanan lastik basıncı izleme sistemlerinin alarm eşik değerlerinin belirlenmesinde kalite parametre değerlerindeki kabul edilebilir değerlerde göz önünde tutulmalıdır. Akıllı lastik teknolojisinin ve bu konudaki çalışmaların ilerlemesiyle beraber, lastik üzerinden kullanım sırasında gelen gerçek zamanlı toplanan bilgiler arasına bu parametrelerinde dahil edilmesi olasıdır.

TEŞEKKÜR

Bu bildiri Pirelli Otomobil Lastikleri AR-GE Merkezi'nin katkılarıyla ortaya çıkmıştır. AR-GE Merkezi'ne destek veren Pirelli Otomobil Lastikleri yönetimine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

HAMED,M. (2013) A Study of the Influence of Vehicle Tyre Pressure on Suspension System Response Using a Full Car Model. In: *Proceedings of Computing and Engineering Annual Researchers' Conference,* Huddersfield pp7-12.

JANULEVICIUS,A., ve PUPINIS,G. (2020), Influence of Tire Inflation Pressure on Vehicle Dynamics During Breaking, *Engineering For Rural Development*, Jelgava.

SYNAK,F.,ve KALASOVA,A.(2020), Assessing the Impact of the Change in the Tire Pressure on the Rolling Resistance and Fuel Consumption, ***Advances in Science and Technology Research Journal,*** Volume 14, Issue 3, pages 100–106.

LOW COST PORTABLE URINE ANALYSIS SYSTEM DESIGN BASED ON COLOR MEASUREMENT

Saad Hussein
Kocaeli University, Biomedical Eng. Umut tepe, 41380, Kocaeli, Turkey
saad8232@yahoo.com

Ersin Kayahan
Kocaeli University, Laser Technologies Research and Application Center (LATARUM), 41275, Yeniköy, Kocaeli, Turkey
kayahan.ersin@gmail.com

Abstract
Some patients find it difficult to go to hospitals for examinations that the elderly with chronic illnesses have difficulty in, and these problems can be overlooked by designing a small portable household device at low cost. The system is designed for urine analysis, and this system is designed for home self-examination and daily exams to avoid kidney and urinary tract diseases. A special system according to the different colors formed as a result of the reaction of the concentration of these soluble substances in the urine with the wiping strips; Color sensor (TCS34725) consists of Android and Arduino system to store, process and control the received Android studio software. An in-program comparison to determine the percentage of excess substances in the urine resulting from the reaction. A program has been created that can be downloaded to devices running Android system to run and control this system and to view the results and send them to the specialist doctor easily and conveniently when necessary.

Keywords: Chronic Kidney Disease, Urine analysis, Color sensor

1. INTRODUCTION

Patients, elderly and bedridden people find it difficult to review hospitals, doctors and laboratories in terms of not approaching appointments or in terms of cost, especially for people who want to do a simple urine test to ensure confidence, as we have designed a system that looks a lot like a small device at home and at a low cost to facilitate the process Urine analysis at home. This system consists of a (TCS34725) color sensor and Arduino and primitive tapes containing cushions designed to perform chemical reactions with components of urine to change color to color. The color difference can be read as per the concentration in the urine. Manually in the container where the urine dries up after drying it by placing it on a piece of paper or cloth and then waiting for 60 seconds, after which it is placed in the device to read it and the results will appear on the screen attached to the device**.**

2. MATERIALS AND METHODS

To facilitate the process of examining and monitoring the medical condition, a system has been designed to simplify the examination process and prevent the patient from going to the hospital just for analysis instead it can be easily and simply done at home. Arduino and test strips consists of ten separate pads commercially prepared to interact with the urine content, in order to be able to connect the sensor to the processor and use a screen and a small motor to facilitate the movement of the tape along the path of the test strip, and the reaction causes a change in color The tape and this color change is detected by the torch carrier into colors, reads the light, converts the light into a current by the photodiode, and then converts the current into square waves so that the processor can calculate it and give its value on the screen, or thus send the information via Bluetooth to devices connected to the system. The patient should read it as and send it to the patient's private doctor shown in figure (2) [8,11].

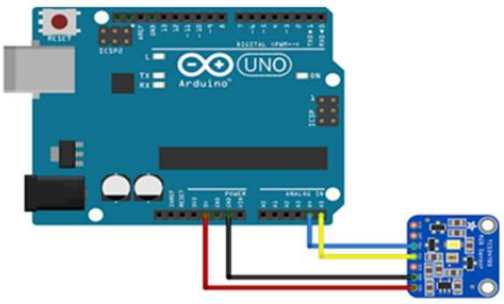


Figure 1.Color sensor interfaced with Arduino

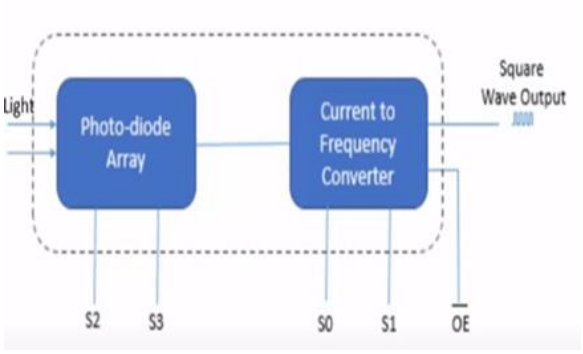


Figure 2. Sensor Current - Frequency Conversion

The photodiodes have 3 different color filters, sixteen each - Red, green and blue. The other sixteen photodiodes are open without a filter. The sixteen photodiodes are each arranged in parallel. The required photodiode type can be derived using two control pins S2 and S3. Consider an example to detect the green color; both pins are set high according to the logic table (1,2) given below [7].

Table 1.Logic table [7]

S2	S3	PHOTODIODE TYPE	S0	S1	OUTPUT FREQUENCY SCALING (f_o)
L	L	Red	L	L	Power down
L	H	Blue	L	H	2%
H	L	Clear (no filter)	H	L	20%
H	H	Green	H	H	100%

Table 2.TCS34725 sensor working principle [7]

Pin Number	Pin Name	Pin Type	Description
1	V_{DD}		Supply voltage
2	SCL	Input	I^2C serial clock input terminal – clock signal for I^2C serial data
3	GND		Power supply ground. All voltages are referenced to GND
4	NC	Output	No connect - do not connect
5	INT	Output	Interrupt - open drain (active low).
6	SDA	Input/Output	I^2C serial data I/O terminal - serial data I/O for I^2C.

System design materials:

- 1-arduino
- 2- TCS34725 sensor (RGB)
- 3-step motor
- 4-strep urine (test)
- 5- Negative and Positive Control Solutions
- 6-LCD display
- 7- Base for movement of the test strip on the sensor.
- 8- Bluetooth card.
- 9- Android

Details of each component can be mentioned as follows:

2-1-arduino

Arduino can be used to create stand-alone interactive objects as well as software running on a computer.

2-2- TCS34725 sensor (RGB)

The TCS34725 sensor detects light using an (8x8) array photodiode that converts light energy into current. The current is then converted into square wave frequencies using a current-frequency converter whose frequency is directly proportional to the light intensity. And after that, color measurement will be made by analyzing the light values received with the help of microcontroller and (RGB) values will be calculated.

2-3-step motor

It is a brushless DC motor that rotates step by step. Therefore it is very useful. Because it can be precisely positioned without any feedback sensor representing the open loop controller figure 3(a,b).

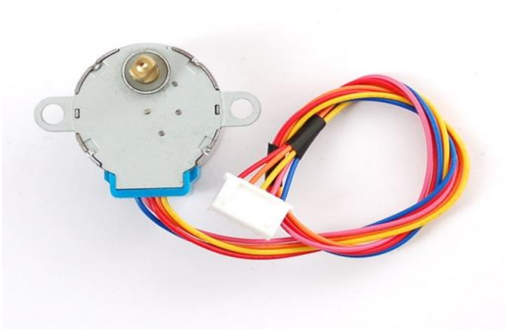


Figure 3.a. Step motor

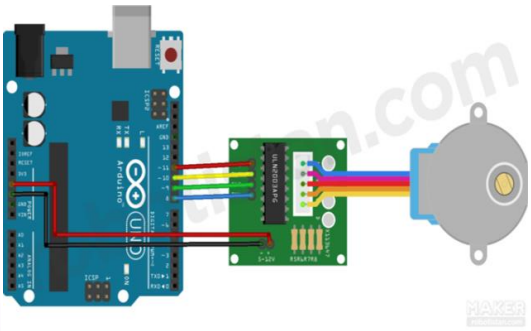


Figure 3.b. Connecting the stepper motor

2-4 Urine Strips

To perform the chemical examination, most clinical laboratories use commercially prepared test strips containing chemicals. The lab technician dips the strip into urine, chemical reactions change the colors of the pads on the strip in seconds to a few minutes, and the lab technician determines the result for each test. The degree of color change in a test pad can indicate the amount of substance present. For example, a slight color change in the test pad for protein may indicate the presence of a small amount of protein in the urine a dark color change may indicate a large amount. If there are any abnormal results, chemical examination is often done in conjunction with microscopic examination of the urine. Results from both reviews are then evaluated together for comment. Abnormal findings may be followed by additional urine or blood tests figure (4).



Figure 4.Urine Strips

Detailed description of urine strips:

2-4- 1.protein:
The Protein test pad included in the strip provides a rough estimate of the amount of albumin in the urine. Albumin makes up about 60% of the total protein in the blood. Normally, there may be little or no protein in the urine. When urine protein rises, this person has a condition called proteinuria [12]. Test for kidney function.

2-4-2. PH:
There are urine pH values that are typical but not abnormal. Urine is usually around pH 6 and slightly acidic, but measures the urine acidity associated with the risk of kidney stones, which can range from pH 4.5 to 8 [12].

2-4-3. glucose:
Normally, there is no glucose in the urine. When glucose is present, the condition is called glycosuria. Common test [12] .

2-4-4. Specific gravity:
Healthy urine concentration is between (1.005 - 1.030). High concentration of urine (above 1,030) may indicate dehydration or a disease leading to increased concentration in the kidneys [12]. It evaluates the body's water balance and urine concentration.

2-4-5. leukocytes:
White blood cells indicate the presence of Infection [12].

2-4-6. Nitrite:
Normal urine contains chemicals called nitrates. If bacteria enter the urinary tract, nitrates can turn into different similar chemicals called nitrites. Nitrites in urine can be a sign of urinary tract infection.

2-4-7. Urobilinogen:
Controls liver disease [12] .

2-4-8. Hemoglobin:
Hemoglobin is an oxygen-carrying protein found inside red blood cells, May be caused by infection, injury, inflammation, kidney stones or cancer.

2-4-9. Ketone:
Caused disorders of increased metabolism as well as unbalanced diets such as high protein low carbohydrate, anorexia or fasting [12].

2-4-10. Bilirubin:
May indicate liver or gall bladder problems such as gallstones, hepatitis, cirrhosis or tumors [12] .

2-5- Negative and Positive Control Solutions:
Positive and negative solutions are produced by the manufacturers of test strips, which are separate solutions from each other, as the positive solution acts as a urine sample, but with a specific concentration and contains all the components of the urine. The colors attached to the strips and the negative solution, when applied, serve as a sample of the urine of a healthy person free of components outside the normal limits figure (5,6).



Figure 5.Negative control solutions



Figure 6.Positive control solutions

2-6- Base for movement of the test strip on the sensor:
The linear slide is designed with a rigid work arbitration program, on which a moving part is designed on which the control slide is placed and a serrated inside is designed so that the movement can be performed by the stepper motor. The piece holding the test strip comes out in a horizontal plane and the color sensor is placed on the moving piece figure (7).



Figure 7.Indicates the part where the test strip is placed

The outer structure of the device is designed to be internally hollow in dimensions suitable for the dimensions of the materials used to manufacture the device, and care has been taken to ensure that the device is consistent and small in size since the principle of the device. It is small in size and openings are provided to connect the sensor to the parts placed in the device body. The total length of the device is 15 cm, 6 cm wide and 5 cm high, the contents are placed inside both motor, the conveyor edge and the electronic cards figure (8).

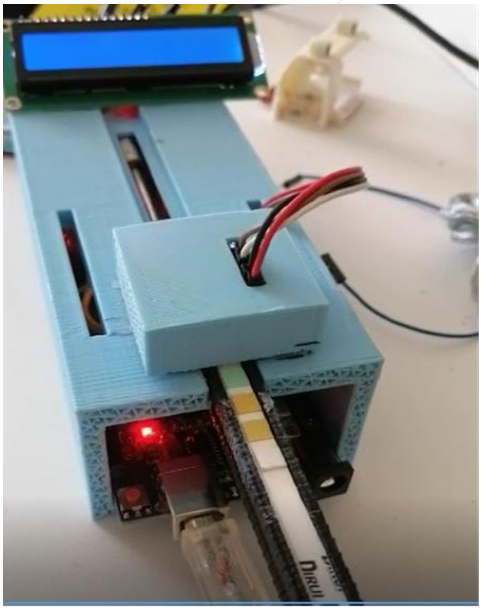


Figure 8.Realization of linear shift

2-7 Bluetooth card:
HC-06 -Bluetooth is designed to be easy to use and its mission is to make a connection between the surrounding devices, link them and transmit information wirelessly and it contains an output HC-06 -Bluetooth and an input HC-06 -Bluetooth which is (RXD, TXD) figure (9).

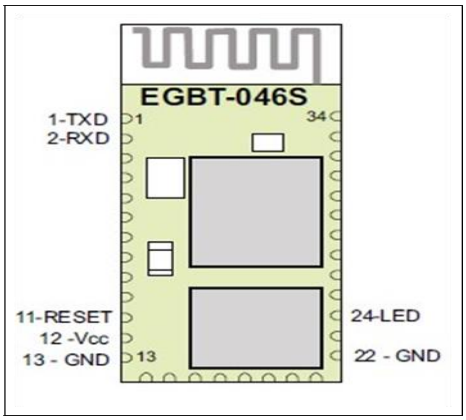


Figure 9.Pins HC-06 -Bluetooth module

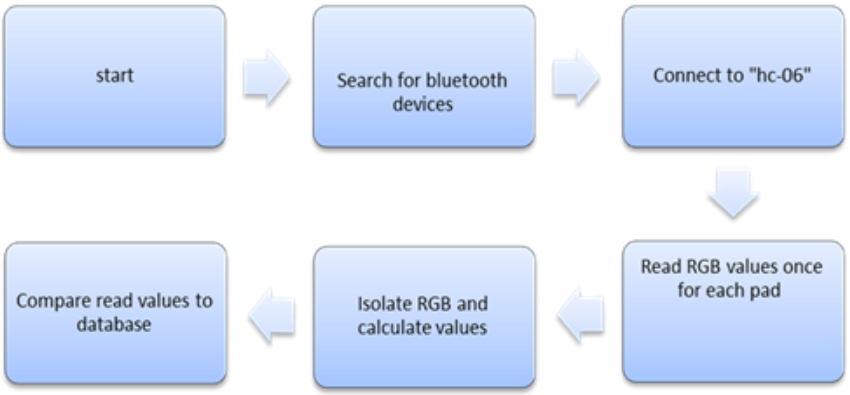
2-8 Android:

Android is an English word meaning human and a machine or a robot that represents humans. Android is a system that works on the kernel of Linux and works in a dry language system for inputting information into programming. It is an open-license system that can be used by programmers and designers comfortably to make different applications. The system's history dates back to October. In 2003, it was established by a small company in California in the United States of America, where it was designed for devices that contain a touch screen. And in August 2005, a deal was concluded by Google with the company producing the program so that Google adopted the development of the program and gave it full support for its success in the devices The Company uses Google. Initially, the first version was Uncle Khaki 1.0 in September 2008, and then the releases continued until it reached the Android 10 versions, [17].

2-9 Program section

It is a programming language that is written so that the user can connect the Arduino with many applications and control its work according to the main rules set by the manufacturer. This is the most important part of the work, as the way to write the program in the correct manner free of errors enables the device to work well without any problems.

The process is represented by an algorithm that starts from the Bluetooth connection with each of the Arduino and the Android program in the devices that support this program, and the device is controlled and operated and results are recorded RGB and the results are compared with the previously prepared references in the program in the device and the results of the examination are shown as shown in the following algorithm:



When connecting the device to the voltage source and turning it on, we connect a device that contains the Android system, and be a portable phone, and activate the Bluetooth and adjust the settings to be available to connect to the neighboring devices and visible to all devices, and then we press the connection button between the device that comes under the name(HC-06)as shown in figure (10) After that, the control and operation screen of the device appears for us to perform the detection process in time and record the results at the end on the phone screen and the screen attached to the device as in figure (10).

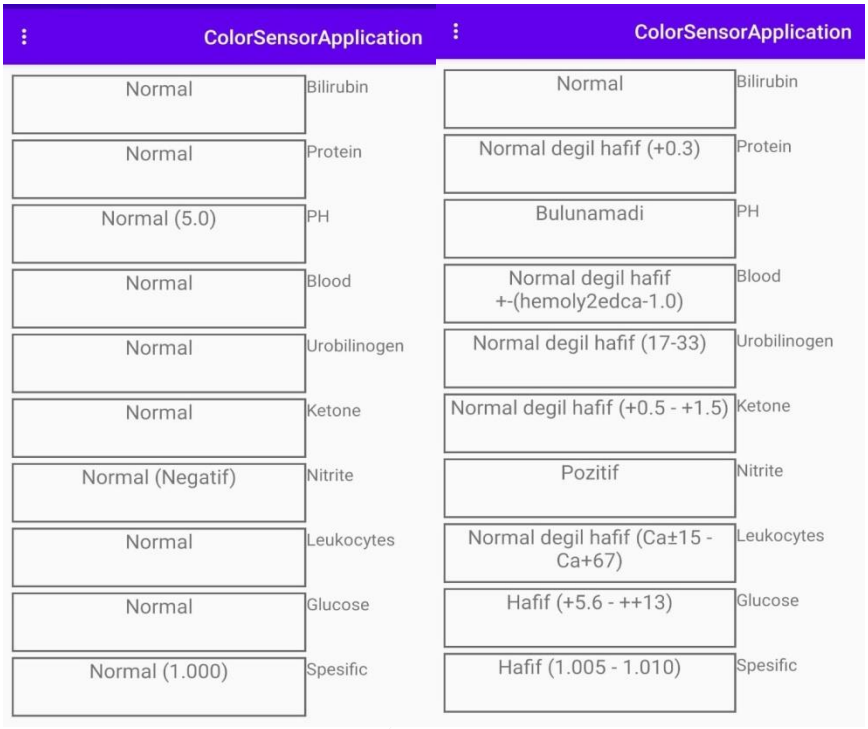


Figure 10. Shows the normal and abnormal results on the phone screen

3- RESULTS:

After completing the work by linking the contents of the system and making its own programs, it was tested on the special solutions (the positive solution and the negative solution) and the test was performed on the chemical solutions and test strips, where the negative solution was placed on the test strip by placing some drops into each test pad with one drop on each pad, (100 %) of the results were obtained, meaning that all results were complete without any deficiency from all the tests. The positive solution was tested in the second experiments, and it was noticed that one of the tests did not appear in the test, and when the ball was returned, the solution that appeared in the previous process appeared and no other component appeared in the experiment, meaning that the percentage of results is (90 %) of the total results figure (10).

4- DISCUSSION

In this research, a system with small costs has been made using the color sensor, and this system is able to communicate wirelessly by mobile phones running the Android system, so that the results can be easily sent to the specialist doctor figure (10). The system was experimented with and a database of colors was created using the color chart and medical solutions that represent the negative solution and the positive solution, as the negative solution represents a sample of normal urine that is free of some chemical substances or the proportions of substances are formed within the normal limit for a healthy adult person, and the drops were placed on the test strip And calculate the time for a period of 60 seconds and then put the tape in the system and read the results, record them and compare them with the color table, which represents the chemical reaction rates between the concentration of substances in the urine with the test strip. From putting the solution on the strip because after that the color changes as more

time passes on the strip, which negatively affects the results of the examination. The test was carried out on chemical solutions and test strips, where the negative solution was placed and (100%) of the results were obtained, meaning that all results were complete. The positive solution was tested in second experiments, and it was noticed that one of the tests did not appear in the test and when the ball was returned, the one that appeared in the previous process did appear and another component in the experiment did not appear, meaning that the rate of results is (90%) of the total results. These are all possibilities that were taken into account at the beginning of the system design and in In the near future, there are attempts to reduce the rate of error and make the system work accurately, and then experiment with real samples of patients' urine and compare the results of the examination between the devices used in hospitals and the newly innovative system. There are some problems that could negatively affect the results of the system. It is that some foods that lead to a change in the color of the urine and also some medicines affect the results. The color of the urine, then incorrect results appear, since the system is the basis for the work of the regimen, the discovery of the coloration in the test strip. In the end, the work of the regimen with small costs makes it easier for patients who are bedridden or elderly to do the tests at home without any hardship or hospital appointment, especially during this period the spread of epidemics and diseases.

5. CONCLUSION

After completing the control and following up the results, there are some observations and recommendations to make the control very accurate, which is the mechanical movement of the test strip on the moving axis to reduce the error rate in the reading process of the sensor and to make all the results of the examination visible**.**

ACKNOWLEDGMENT

In this study, my distinguished teacher, I will never forget the importance of every word we share with us, Prof. Dr. Ersin Kayahan, thank you to everyone who helped me overcomes the difficulties I faced in my life.

REFERENCES

[1] Levin, A., Stevens, P. E., Bilious, R. W., Coresh, J., De Francisco, A. L., De Jong, P. E., ... & Levey, A. S. (2013). Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group. KDIGO 2012 clinical practice guideline for the evaluation and management of chronic kidney disease. Kidney International Supplements, 3(1), 1-150.

[2] Abraham, G., Varughese, S., Thandavan, T., Iyengar, A., Fernando, E., Naqvi, S. A., ... & Kafle, R. K. (2016). Chronic kidney disease hotspots in developing countries in South Asia. Clinical kidney journal, 9(1), 135-141.

[3] Berns, J. S. (2014). Routine screening for CKD should be done in asymptomatic adults… selectively. Clinical Journal of the American Society of Nephrology, 9(11), 1988-1992.

[4] NIDDK Causes of CKD: https://www.niddk.nih.gov/healthinformation/kidney-disease/chronic-kidney-disease-ckd/causes [Online; Accessed 25- August -2020] .

[5] American Diabetes Association (ADA). 2010. Standards pf medical care in diabetes-2010. Diabetes Care. 33(1): 11-61.

[6] Hjelmesæth, J., Jenssen, T., Egeland, T., Hagen, M., & Hartmann, A. (2002). Response to Montori et al. Diabetes Care, 25(9), 1667-1667.

[7] ALLDATASHEET.(2016) ‹Electronic Components Datasheet: https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/894928/AMSCO/TCS34725.html [Online; accessed 21-November-2020].

[8] LAB TESTE ONLINE.(2020) ‹İdrar Analizi: https://labtestsonline.org.tr/tests/idrar-analizi[Online; accessed 21-November-2020].

[9] FRESENIUS KIDNEY CARE.(2016) ‹5 Chronic Kidney Disease Stages: https://www.freseniuskidneycare.com/kidney-disease/stages[Online; Accessed 25- August -2020].

[10] Gahan, B. G., Sumir, R. M., Thomas, N., Umesh, P., Priyanka, L., Rahul, U., ... & Tauheed, A. (2019, January). A Portable Color Sensor Based Urine Analysis System to Detect Chronic Kidney Disease. In 2019 11th International Conference on Communication Systems & Networks (COMSNETS) (pp. 876-881). IEEE.

[11] Halil Özel.(2018) ‹Arduino Nedir: https://medium.com/nerd-for-tech/arduino-nedir-722dbfda3fff[Online; accessed 22-November-2020].

[12] LAB TESTE ONLINE.(2020) ‹İdrar Analizi: https://labtestsonline.org.tr/tests/idrar-analizi[Online; accessed 22-November-2020].

[13] Iseki, K., Ikemiya, Y., Iseki, C., & Takishita, S. (2003). Proteinuria and the risk of developing end-stage renal disease. Kidney international, 63(4), 1468-1474.
[14] De Boer, I. H., & Steffes, M. W. (2007). Glomerular filtration rate and albuminuria: twin manifestations of nephropathy in diabetes.
[15] Brantsma, A. H., Bakker, S. J., Hillege, H. L., de Zeeuw, D., de Jong, P. E., Gansevoort, R. T., & PREVEND Study Group. (2008). Cardiovascular and renal outcome in subjects with K/DOQI stage 1–3 chronic kidney disease: the importance of urinary albumin excretion. Nephrology Dialysis Transplantation, 23(12), 3851-3858.
[16] Kannel, W. B., Stampfer, M. J., Castelli, W. P., & Verter, J. (1984). The prognostic significance of proteinuria: the Framingham study. American heart journal, 108(5), 1347-1352.
[17] XDA.(2019) ‘Android Version Distribution statistics: https://www.xda-developers.com/android-version-distribution-statistics-android-studio[Online; accessed 13-October-2020].

İTAKONİK ASİT VE STEARİL METAKRİLAT BAZLI HİDROJELLERİN SENTEZİ VE ŞİŞME DAVRANIŞI

Hidayet MAZI
Gaziantep Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya
mazi@gantep.edu.tr

Kevser ERBALCI
Gaziantep Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya
erbalciikevser@hotmail.com, Orcid ID: 0000-0001-7369-9375

Özet
Hidrojeller yapılarında çok yüksek miktarlarda su tutabilme yeteneğine sahip polimerlerdir. Değişebilen esnek, fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı özellikle ilaç salınımı, doku mühendisliği, elektronik kaplama ve yapay organ yapımında çok yaygın şekilde kullanılmaktadırlar. Bu çalışmada, farklı İtakonik asit/Stearil Metakrilat oranlarına sahip hidrojeller sentezlendi. Hidrojel sentezinde başlatıcı olarak amonyum persülfat (APS) ve çapraz bağlayıcı olarak N,N'-Metilenbis (akrilamid) kullanıldı. Sentezler 60 °C sabit sıcaklıkta 24 saatte gerçekleştirildi. Hidrojeller, iyice yıkanıp kurutulduktan sonra şişme davranışlarına bakıldı. Şişme davranışları, sentezlenen tüm jeller için 25 °C sabit sıcaklıktaki su banyosunda yapıldı. Şişme davranışları ve şişme kapasitelerine çapraz bağlayıcı miktarı ve jel bileşiminin etkisi araştırıldı. Hidrojelin monomer bileşimi sabit kaldığı taktirde, çapraz bağlayıcı miktarı arttıkça jelin şişme hızı ve kapasitesinin azaldığı görüldü. Jelin itakonik asit içeriği arttıkça şişme hızı ve kapasitesinin arttığı gözlendi.

Anahtar Kelimeler: Hidrojel, İtakonik Asit, Stearil Metakrilat, Süper Absorplayıcı Polimer.

SYNTHESIS AND SWELLING BEHAVIOUR OF ITACONIC ACID AND STEARYL METACRYLATE-BASED HYDROGELS

Abstract
Hydrogels are polymers capable of holding very high amounts of water in their structures. Due to their flexible, physical and chemical properties, they are widely used in drug delivery, tissue engineering, electronic coating and artificial organ production. In this study, hydrogels with different Itaconic acid / Stearyl Methacrylate ratios were synthesized. Ammonium persulfate (APS) was used as initiator in hydrogel synthesis and N, N'-Methylenebis (acrylamide) as crosslinker. The syntheses were carried out at a constant temperature of 60 ° C for 24 hours. After the hydrogels were thoroughly washed and dried, their swelling behavior was evaluated. Swelling behaviors were carried out in a constant temperature water bath of 25 ° C for all gels synthesized. The effect of crosslinker amount and gel composition on swelling behavior and swelling capacity was investigated. It was found that if the monomer composition of the hydrogel remained constant, the swelling rate and capacity of the gel decreased as the amount of crosslinker increased. It was observed that as the itaconic acid content of the gel increased, the swelling rate and capacity increased.

Keywords: Hydrogel, Itaconic Acid, Stearyl Methacrylate, Super Absorbent Polymer.

GİRİŞ

Hidrojeller çapraz bağlı, üç boyutlu, su ile temasında çözünmeyip şişme özelliğine sahip ağ yapılı polimerlerdir. Hidrojellerin su tutabilme kapasiteleri polimer zincirine bağlı hidrofilik fonksiyonel gruplardan kaynaklanmaktadır [1,2]. Hidrojeller, gıda katkı maddeleri, ilaçlar, biyomedikal implantlar, doku mühendisliği gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır [3]. Polimerik hidrojel ağları çeşitli tekniklerle oluşturulabilir, ancak en yaygın sentetik yol, akrilamit (AAm) gibi bir hidrofilik non-iyonik monomer ile az miktarda N,N'-metilenbisakrilamit (mBAAm) gibi bir çapraz bağlayıcının serbest radikal çapraz bağlama kopolimerizasyonudur [4,5].

Hidrojellerin şişme kapasitelerini etkileyen 5 parametre söz konusudur. Bu parametreler; Çapraz bağ yoğunluğu, polimerin kimyasal yapısı, çapraz bağlayıcının kimyasal yapısı, ortamın sıcaklığı ve ortamın pH'dır.
Bir polimerin bir çözücüde şişmesi ile polimerin ve çözücünün yapısı arasında temel bir ilişki bulunmaktadır. Şişme yüzdesi şişme çalışmaları için önemli bir parametredir. Şişme yüzdesi (% S) aşağıdaki eşitlikten hesaplanır [6]:

$$\%S=\frac{mt-mo}{mo} \times 100$$

Eşitlikte;
m_t = t anındaki şişen jelin kütlesi
m_0 = başlangıçtaki kuru jelin kütlesi.

$$s=\frac{mt-mo}{mo}$$
$$t/S = A+ Bt$$

Eşitlikte;
A : $1/(S_{maks}^2 .k_S)$; başlangıç şişme hızının tersi,
B : $1/S_{maks}$; en büyük şişme değerinin tersi.

$$F=\frac{M_t}{M_d} =k.\ t^n$$

Polimerik ağlarda difüzyon mekanizmasını belirlemek için sıklıkla Fick yasası denklemi kullanılır [7]:
Eşitlikte;
F: Şişme kesri,
M_t: Hidrojelin t anındaki absorpladığı su miktarı (g),
M_d: Hidrojelin dengede absorpladığı su miktarı (g),
k: Hidrojelin ağ yapısına bağlı Fick sabiti,
n: Difüzyon üsteli.
Difüzyon üsteli n'in alacağı değerlere göre Fick tipi difuzyon (n < 0,5), Fick tipi olmayan difüzyon (0,5< n< 1) ve süper durum (n>1) olmak üzere üç farklı şekilde tanımlanır [8].

MATERYAL VE METHOD

Hidrojellerin sentezi çapı 5 mm olan plastik pipetler içerisinde gerçekleştirildi. Hidrojel sentezi için 50mL'lik behere 0,85 g Sodyum Dodesil Sülfat (SDS) ve 5 M'lık NaCl çözeltisinden 8 mL koyuldu ve SDS'nin tamamen çözünmesi beklendi. Çözelti berrak olduktan sonra gerekli miktarda Stearil Metakrilat (SMA) eklendi ve yaklaşık olarak 20 dakika sonra 1 g akrilamid (AAm) eklendi. Akrilamit çözündükten sonra gerekli miktarda İtakonik Asiti (İA) deney tüpüne koyulup 1 mL su ile çözdükten sonra üzerine istenen hacimde %10'luk NaOH ekledikten sonra bu karışım çözelti ortamına eklendi. Son olarak N,N,N',N'-Tetrametil etilen diamin (TMEDA) ve başlatıcı olarak Amonyum Persülfat (APS) eklendi ve pipetlerin içerisine koyuldu. 60°C'deki sabit sıcaklık banyosuna yerleştirilen pipetler 24 saat sonunda çıkarıldı. Jeller çıkarılıp kesildi ve çapraz bağlanmamış polimer ile reaksiyona girmemiş bileşenleri uzaklaştırmak için üç kez damıtılmış su ile 3 defa yıkandı. Oda şartlarında belli bir kuruluğa kadar kurutulan jeller, vakumlu etüvde 40°C'de sabit tartıma kadar kurutuldu. Kurutulan jeller şişme deneylerinde kullanıldı.

Kopolimer hidrojellerin şişme davranışları 25°C'de zamana bağlı olarak gerçekleştirildi. Bir behere damıtılmış su koyuldu ve kurumuş olan silindirik jelden bir parça alınıp kütlesi tartıldıktan sonra bu beherin içine atıldı. Şişen silindirik hidrojeller periyodik olarak beherden çıkarılıp süzgeç kağıdı üzerine koyularak dış yüzeyindeki fazla suyun giderilmesi sağlandıktan sonra kütlesi tartıldı. Tartımdan sonra

da tekrar şişme ortamına bırakıldı. Bu işlem silindirik hidrojelin kütlesi sabit tartıma gelene kadar devam ettirildi. Hidrojellerin sentezinde kullanılan kimyasallar ve miktarları **Tablo 1**'de yer almaktadır.

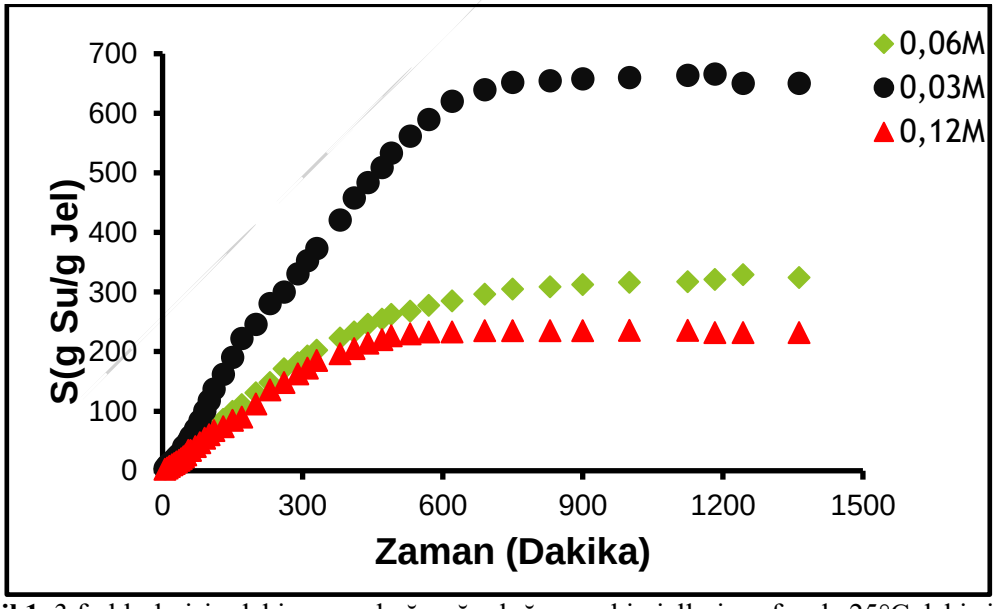
Tablo 1. Hidrojel sentezinde kullanılan kimyasallar ve miktarları.

AAm (g)	SDS (g)	Tuz 0,5M (mL)	İA (g)	SMA (g)	%10 NaOH (mL)	%1 mBAAm (µL)	%1 TMEDA (mL)	APS 0,02M (mL)
1,00	0,85	8	0,1	0,06	0,50	500	0,5	0,5
1,00	0,85	8	0,1	0,06	0,50	1000	0,5	0,5
1,00	0,85	8	0,1	0,06	0,50	2000	0,5	0,5
1,00	0,85	8	0,1	0,06	0,35	500	0,5	0,5
1,00	0,85	8	0,1	0,06	0,25	500	0,5	0,5
1,00	0,85	8	0,1	0,06	1,00	500	0,5	0,5
1,00	0,85	8	0,1	0,06	1,00	1000	0,5	0,5
1,00	0,85	8	0,1	0,08	1,00	1000	0,5	0,5
1,00	0,85	8	0,1	0,10	1,00	1000	0,5	0,5

BULGULAR VE TARTIŞMA

Hidrofilik ve hidrofobik etkileşimlere dayalı olarak sentezlenen hidrojellerin şişme davranışları, şişme kinetikleri ve difüzyon kinetikleri incelendi. Hidrojel sentezinde İA, SMA ve AAm monomer olarak kullanıldı. SMA monomeri jele hidrofobik karakter katmak amacıyla kullanıldı.

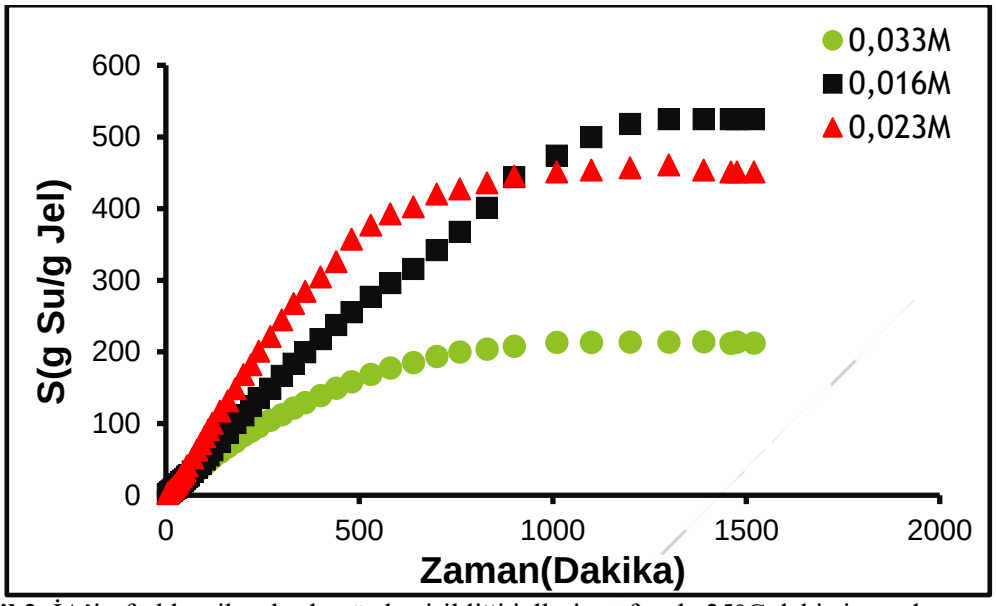
Sentezlenen hidrojellerin şişme davranışına çapraz bağ yoğunluğunun etkisinin incelenmesi amacıyla diğer kimyasalların miktarları sabit tutularak çapraz bağlayıcının derişiminin değiştiği 3 farklı jel sentezlendi. Bu jellerin şişme davranışları **Şekil 1**'de görülmektedir.



Şekil 1. 3 farklı derişimdeki çapraz bağ yoğunluğuna sahip jellerin saf suda 25°C deki şişme davranışları

Şekil 1'den anlaşılacağı gibi çapraz bağ yoğunluğunun yüksek olduğu (0,12 M) jelde şişme hızının ve şişme kapasitesinin düşük olduğu gözlenmektedir. Çapraz bağ yoğunluğu azaldıkça şişme hızının ve şişme kapasitesinin arttığı gözlenmektedir. Bunun nedeni, çapraz bağ yoğunluğu arttıkça jelin sıkılığı artmaktadır. Çapraz bağ yoğunluğunun yüksek olması nedeniyle jel daha zor gevşemekte ve şişme hızı ile şişme kapasitesi düşük olmaktadır.

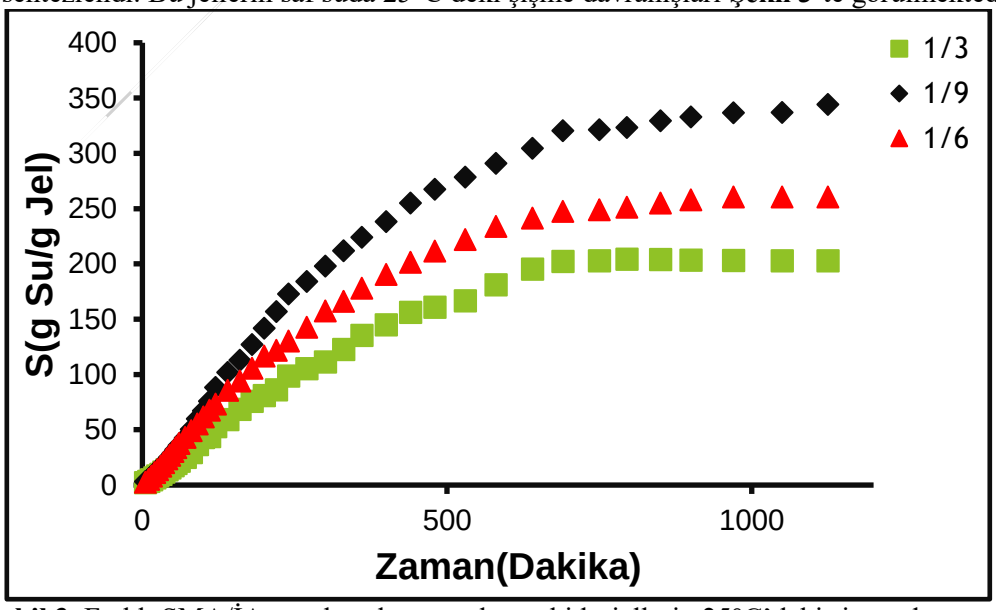
Hidrojellerin şişme kapasitesine etki eden parametrelerden biri de polimer zincirinde bulunan (+) ve (-) yüklerin sayısıdır. Bu çalışmada sentezlenen jellerin şişme davranışını yüklerin nasıl etkilediğini anlamak amacıyla İA'in farklı oranlarda nötrleştirildiği 3 farklı jel sentezlendi. İA'in %100 (0,033M), %70 (0,023M) ve %50 (0,016M) oranında nötrleştirildiği jellerin saf suda 25°C deki şişme davranışları **Şekil 2**'de görülmektedir.



Şekil 2. İA'in farklı miktarlarda nötrleştirildiği jellerin saf suda 25°C deki şişme davranışları

Polimerin üzerindeki aynı yüklerin sayısı arttıkça yüklerin birbirini itmesinden dolayı jel daha hızlı gevşemektedir. Şekil 2 incelendiğinde, İA nötrleştirildiği zaman (-) yükler oluşmakta ve oluşan bu (-) yüklerin birbirini itmesinden dolayı jel daha çabuk açılmakta ve jelin şişme kapasitesi daha kısa içerisinde dengeye gelmektedir. İA'in az nötrleştirildiği 0,016 M'lık jelin şişme hızının yavaş ancak şişme kapasitesinin yüksek olduğu gözlenmektedir. En yüksek oranda nötrleşmenin olduğu 0,033 M olan jelin ise dengeye çabuk geldiği ancak şişme kapasitesinin düşük çıktığı görülmektedir.

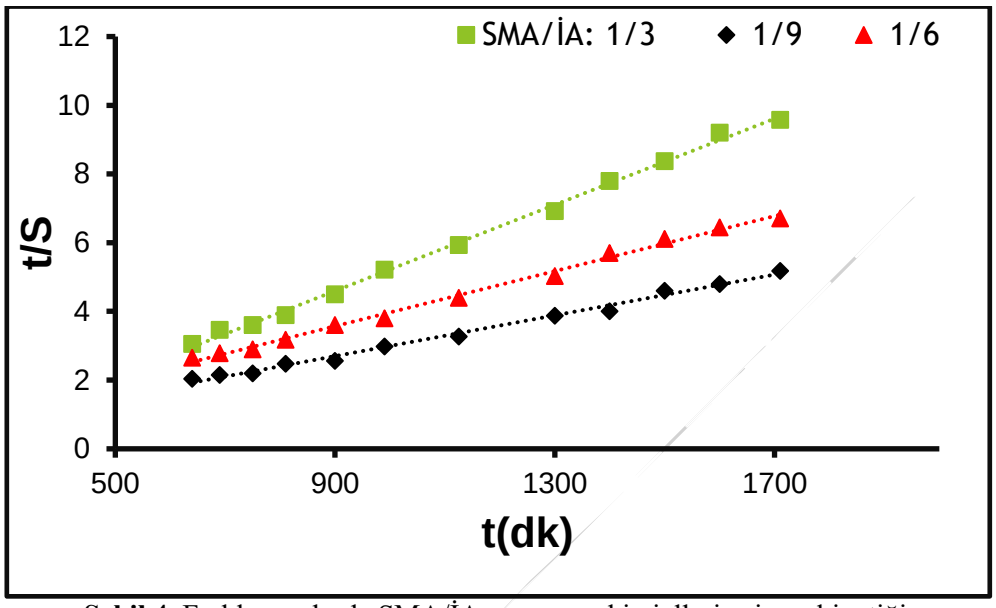
Sentezlenen hidrojellerde kullanılan SMA ile İA miktarlarının birbirine göre oranlarının jelin şişme davranışı ve kapasitesine etkisinin incelenmesi amacıyla SMA/İA oranının 1/3, 1/6 ve 1/9 olduğu 3 farklı jel sentezlendi. Bu jellerin saf suda 25°C deki şişme davranışları **Şekil 3**'te görülmektedir.



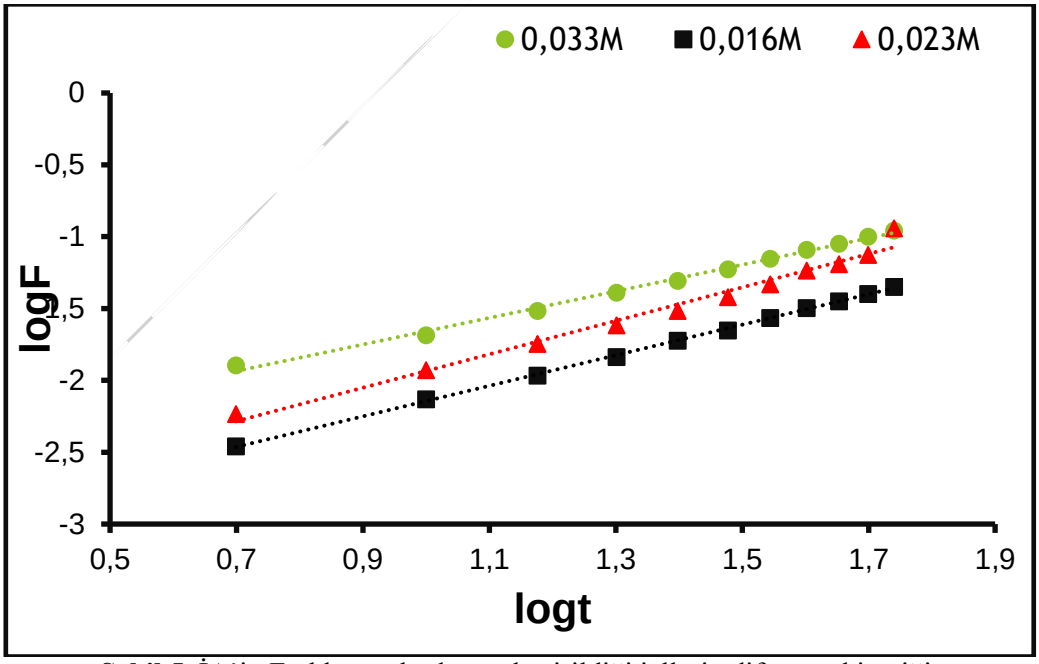
Şekil 3. Farklı SMA/İA oranlarıyla sentezlenen hidrojellerin 25°C'deki şişme davranışı

Şekil 3 değerlendirildiğinde, SMA/İA oranı yani jelin SMA içeriği arttıkça hidrofobik karakter arttığı için şişme hızının arttığı ancak şişme kapasitesinin azaldığı gözlenmektedir. SMA/İA oranının 1/9 olduğu durumda, yani İA içeriğinin fazla olduğu jelde şişme hızının düştüğü ancak şişme kapasitesinin arttığı gözlenmektedir.

Sentezlenen tüm jellerin hem şişme kinetiği hem de difüzyon kinetiği çalışıldı. t/S – t ve logF – logt grafiklerinin tamamı yüksek korelasyon katsayısı ile doğrusal çıktı. Örnek olması açısından farklı SMA/İA oranlarıyla sentezlenen jellerin t/S – t grafiği ile farklı oranlarda nötrleştirilen jellerin logF – logt grafiği **Şekil 4** ve **Şekil 5**'te yer almaktadır.



Şekil 4. Farklı oranlarda SMA/İA oranına sahip jellerin şişme kinetiği.



Şekil 5. İA'in Farklı oranlarda nötrleştirildiği jellerin difüzyon kinetiği.

Şekil 4'te eğim $1/S_{maks}$'a eşit olduğu için SMA/İA oranının 1/3 olduğu yani, SMA içeriği en yüksek olan jelin eğimi en yüksek olduğu için şişme kapasitesi en düşük olandır. Buna karşın, SMA/İA oranının en düşük olduğu (1/9) jelin eğimi en düşük çıkmıştır.

Şekil 5'e bakıldığında, İA/SMA oranı değiştiği halde grafiklerin eğimleri birbirine çok yakın çıkmıştır. Grafiklerin eğimi n difüzyon üstelini vermektedir. Grafiklerden elde edilen n değerleri çapraz bağlayıcı konsantrasyonunun en yüksek olduğu (0,12 M) jel dışında tüm jeller için 1,00'ın üzerinde çıkmıştır. Bu da sentezlenen hidrojellerin içlerine çözücü difüzyonunun süper tip difüzyon olduğununu ortaya koymaktadır.

SONUÇLAR

Farklı SMA/İA oranları içeren farklı çapraz bağ yoğunluğuna sahip ve İA'in farklı oranlarda nötrleştirildiği hidrojeller sentezlendi. Sentezlenen tüm jellerin 25 °C'deki şişme davranışları çalışıldı. Şişme davranışları ve şişme kapasitelerine çapraz bağlayıcı miktarı, İA'in nötrleşme oranı ve SMA/İA oranının etkisi araştırıldı. Hidrojelin monomer bileşimi sabit kaldığı taktirde, çapraz bağlayıcı miktarı arttıkça jelin şişme hızı ve kapasitesinin azaldığı görüldü. Jelin itakonik asit içeriği arttıkça şişme hızı ve kapasitesinin arttığı gözlendi. İA'in nötrleştirilme oranı arttıkça şişme kapasitesinin azaldığı ancak şişme hızının arttığı görüldü.

KAYNAKLAR

Erdener Karadağ, Ömer Barış Üzüm ve Dursun Saraydin. (2002). Swelling equilibria and dye adsorption studies of chemically crosslinked superabsorbent acrylamide/maleic acid hydrogels, European Polymer Journal, 38, 2133–2141. (6)

Fariba Ganji, Samira Vasheghani-Farahani ve Ebrahim Vasheghani-Farahani. (2010). Theoretical Description of Hydrogel Swelling: A Review, Iranian Polymer Journal, 19, 375-398. (7)

Hidayet Mazi ve Bahar Sürmelihindi. Temperature and Ph-sensıtıve Super absorbent Polymers based on Modıfied Maleıc Anhydrıde. Journal of Chemical Sciences. DOI: https://doi.org/10.1007/s12039-020-01873-3Sadh (2)

Jorge Luis Escobar, Dunia M. Garcia, A. Valerino, D. Zaldivar, E. Hernaez ve Issa Katime. (2004). Cephazoline Sodium Release from Poly(N-isopropyl acrylamide-co-N,Ndimethylacrylamide) Hydrogels, Journal of Applied Polymer Science, 91, 3433–3437.(8)

Kokkarachedu Varaprasad, Gownolla Malegowd Raghavendra, Tippabattini Jayaramudu, Murali Mohan Yallapu ve Rotimi Sadiku. (2017). A mini review on hydrogels classification and recent developments in miscellaneous applications, *Materials Science and Engineering C: Materials for Biological Applications*. 79, 958-971. (3)

Nikolaos A. Peppas ve Atul R. Khare. (1993). Preparation, structure and diffusional behavior of hydrogels in controlled relase, Advanced Drug Delivery Reviews, 11, 1-35. (1)

Olgun Güven, Murat Şen, Erdener Karadağ ve Dursun Saraydın. (1999). A review on the radiation synthesis of copolymeric hydrogels for adsorption and separation purposes, *Radiation Physics and Chemistry*. 56, 381-386. (5)

Yusuf Ozdemir and Hidayet Mazi. pH and Thermo Sensitive Superabsorbent Poly(N-Hydroxymethylacrylamide-co-Itaconic Acid) Hydrogels: Synthesis, Characterization and Kinetic Studies J. Macromol. Sci. Part A. 51 983 (4)

İTAKONİK ASİT VE STEARİL METAKRİLAT BAZLI SÜPER ABSORPLAYICI POLİMERLERİN ŞİŞME DAVRANIŞINA VE KAPASİTESİNE pH VE SICAKLIĞIN ETKİSİ

Hidayet MAZI
Gaziantep Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya
mazi@gantep.edu.tr

Kevser ERBALCI
Gaziantep Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya
erbalciikevser@hotmail.com, Orcid ID: 0000-0001-7369-9375

Özet

En az kendi ağırlıkları kadar su tutabilen hidrojellere (şişme kapasitesi ≥% 100) süper emici polimerler (SAP) denilmektedir. Süper emici polimerlerin yüksek su içeriği, onları biyolojik olarak uyumlu hale getirir. Bu akıllı hidrojeller, kimyasal ayırma, hijyen ürünleri, atık su arıtma, ilaç salınım sistemi, tıbbi alanlar vb. uygulamalarından dolayı son on yılda daha fazla ilgi görmüştür. Bu tür polimerlerin şişme kapasitesi, jelin kimyasal bileşimi, çapraz bağ yoğunluğu, şişme ortamının pH'ı, iyonik gücü ve sıcaklığı gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Bu çalışmada, daha önce grubumuz tarafından sentezlenmiş olan itakonik asit-stearil metakrilat bazlı süper absorplayıcı polimerlerin şişme kapasitesine pH ve sıcaklığın etkisi incelendi. Sıcaklığın etkisinin anlaşılması için hidrojellerin saf suda, 25, 37, 45, 50, 55, 60 ve 70 °C'lik sıcaklıklardaki şişme davranışları incelendi. Sıcaklık arttıkça itakonik asidin tamamen nötrleştirildiği jellerde şişme hızı ve kapsitesinin azaldığı gözlendi. İtakonik asidin tam olarak nötrleştirilmediği jellerde ise sıcaklık arttıkça şişme hızı ve kapasitesi artmaktadır. Daha sonra da şişme davranışı ve kapasitesine pH'ın etkisinin anlaşılması için 25°C'de pH= 2, 4, 6, 7, 8, 10 ve 12'deki tampon çözeltilerindeki şişme davranışları çalışıldı. Sentezlenen hidrojellerin bazik ortamda çok hızlı ve fazla şiştiği, asidik ortamda ise daha yavaş ve az şiştiği gözlendi.

Anahtar Kelimeler: Hidrojel, Şişme Kapasitesi, pH, Sıcaklık, İtakonik Asit, Stearil Metakrilat.

THE EFFECT OF pH AND TEMPERATURE ON THE SWELLING CAPACITY OF ITACONIC ACID AND STEARYL METACRYLATE BASED SUPER ABSORPLANT POLYMERS

Abstract

Hydrogels capable of holding at least as much water as their own weight (with swelling capacity ≥100%) are called super absorbent polymers (SAP). The high water content of the super absorbent polymers makes them biocompatible. These intelligent hydrogels have gained more attention in last decade because of their applications in chemical separation, hygiene products, wastewater treatment, drug delivery system, medical fields etc. The swelling capacity of such polymers is influenced by many factors such as composition and crosslink density of the polymer and pH, ionic strength and temperature of the swelling medium. In this study, the effect of pH and temperature on the swelling capacity of itaconic acid-stearyl methacrylate based super absorbent polymers, previously synthesized by our group, was investigated. In order to understand the effect of temperature, the swelling behavior of hydrogels in pure water at 25, 37, 45, 50, 55, 60 and 70 ° C was examined. As the temperature increased, it was observed that the swelling rate and capacity decreased in gels in which itaconic acid was completely neutralized. In gels where itaconic acid is not completely neutralized, the swelling rate and capacity increase as the temperature increases. Then, in order to understand the effect of pH on swelling behavior and capacity, swelling behaviors of hydrogels in buffer solutions with pH = 2, 4, 6, 7, 8, 10 and 12 at 25 ° C were studied. It was observed that the synthesized hydrogels swell very quickly and excessively in the basic medium, and slower and less swelling in the acidic medium.

Keywords: Hydrogel, Swelling capacity, pH, Tempature, Itaconic Acid, Stearyl Methacrylate.

GİRİŞ

Süper absorplayıcı hidrojeller üç boyutlu çapraz bağlı hidrofilik ağ yapılı polimerlerdir, su ile temaslarında çözünmezler ancak büyük hacimlerde su emmek için şişebilmektedirler [1]. Bu özellik, farklı alanlarda birçok uygulamaya sebep olmaktadır. Özellikle sıcaklık ve pH duyarlı olan hidrojeller biyomedikal alanlarda çok geniş alanda kullanılmaktadırlar. İlaç dağıtımı [2,3], yapay implantlar [4] ve kontakt lensler [5] gibi tıbbi alanlarda kullanılırlar.

Biyomateryal özelliğe sahip hidrojeller, biyotıp, eczacılık, veterinerlik gibi alanlarda; kontrollü salınım sistemleri [2,3], yapay organ yapımı [4], kontakt lens yapımı [5], enzim saflaştırma sistemleri, ilaç taşıyıcı sistemler [6], yapay kornea, kemik hastalıkları tedavisi için materyal, kulak içi uygulamalar, sentetik kıkırdak, safra kesesi ve yemek borusu yapımında, yara örtü/zarı-ameliyat ipliği ve buna benzer pek çok uygulamada etkin olarak kullanılırlar [7-9].

Bu çalışmada, daha önce grubumuz tarafından sentezlenmiş olan Akrilamit/İtakonik asit/Stearil metakrilat terpolimer hidrojellerin şişme davranışı ve kapasitesine sıcaklık ve pH'ın etkisi araştırıldı.

MATERYAL METHOD

Hidrojellerin şişme davranışı farklı sıcaklıklar ve pH ortamlarında takip edildi. Sıcaklığın etkisinin araştırılması için 25, 37, 45, 50, 55, 60 ve 70 °C'lik sabit sıcaklık banyosunda saf sudaki şişme davranışları çalışıldı. pH etkisinin araştırılması için 25 °C'lik sabit sıcaklık banyosunda pH=2, 4, 6, 7, 8, 10, 12 olan farklı çözeltilerle çalışmalar gerçekleştirildi. Farklı pH değerlerine sahip çözeltiler tampon çözeltilerdir. Tampon çözeltilerin hazırlanması için H_3PO_4, CH_3COOH, H_2CO_3, NH_3, NaOH ve HCl kullanıldı. Hidrojellerin sentezinde kullanılan kimyasallar **Tablo 1**'de verilmiştir.

Tablo 1. Hidrojel sentezinde kullanılan kimyasallar ve miktarları.

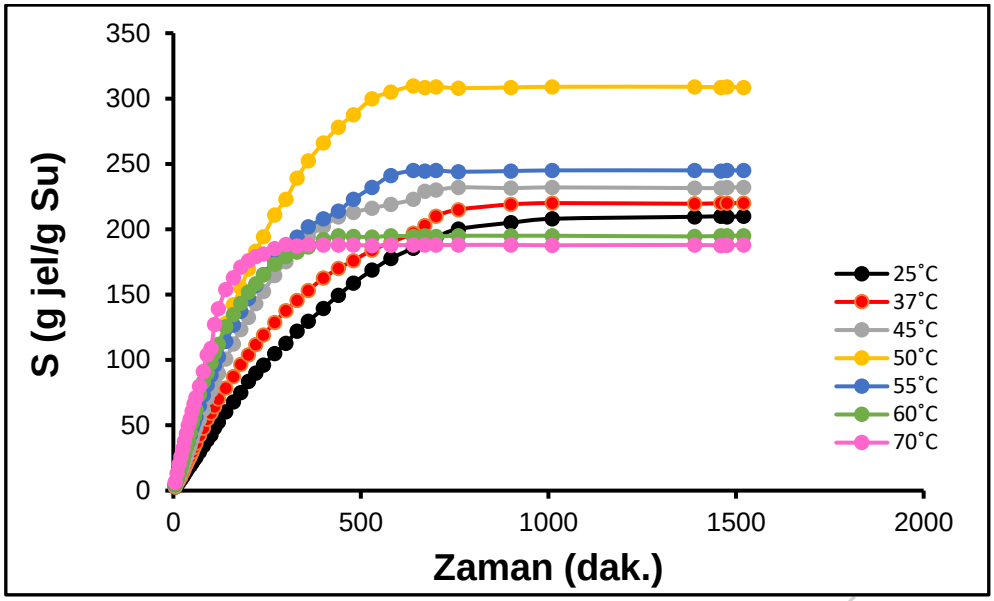
Jel No	AAm (g)	SDS (g)	Tuz 0,5M (mL)	İA (g)	SMA (g)	%10 NaOH (mL)	mBAAm %1 (µL)	TMEDA %1 (mL)	APS 0,02M (mL)
C-1	**1,00**	0,85	8	0,1	0,06	0,50	500	0,5	0,5
C-2	**1,00**	0,85	8	0,1	0,06	0,50	1000	0,5	0,5
C-3	**1,00**	0,85	8	0,1	0,06	0,50	2000	0,5	0,5
C-4	**1,00**	0,85	8	0,1	0,06	0,35	500	0,5	0,5
C-5	**1,00**	0,85	8	0,1	0,06	0,25	500	0,5	0,5
C-6	**1,00**	0,85	8	0,1	0,06	0,50	500	0,5	0,5
C-7	**1,00**	0,85	8	0,1	0,06	0,50	1000	0,5	0,5
C-8	**1,00**	0,85	8	0,1	0,08	0,50	1000	0,5	0,5
C-9	**1,00**	0,85	8	0,1	0,10	0,50	1000	0,5	0,5

BULGULAR VE TARTIŞMA

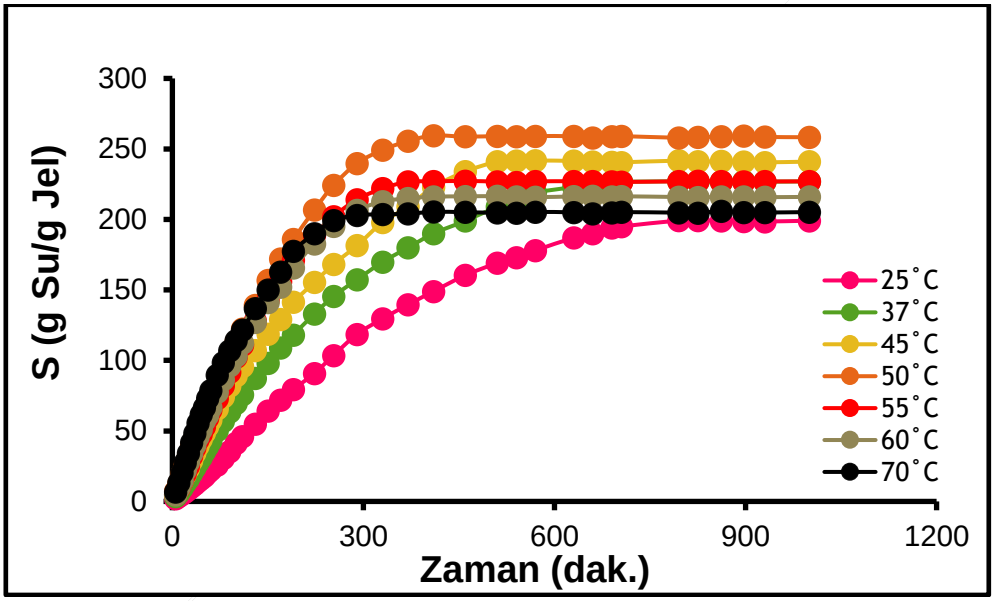
Şişme Davranışı ve Kapasitesine Sıcaklığın Etkisi

Süper absorplayıcı polimerlerin şişme davranışına ve kapasitesine sıcaklığın etki edebilmesi için monomerlerin metil, etil, propil grupları içermesi gerekmektedir. Metil, etil, propil grubu içeren monomerler su ile zayıf H-bağı yapabilme kapasitesine sahiptirler. Zayıf H-bağı yaptıkları için sıcaklığa karşı duyarlı olmaktadırlar.

Bu çalışmada sentezlenen tüm hidrojellerin 25, 37, 45, 50, 55, 60 ve 70 °C'deki şişme davranışları incelendi. Hepsinde elde edilen trendler benzer olduğundan örnek olması açısından C-1 ve C-9 jellerinin şişme davranışları sırasıyla **Şekil 1** ve **Şekil 2**'de verilmektedir.



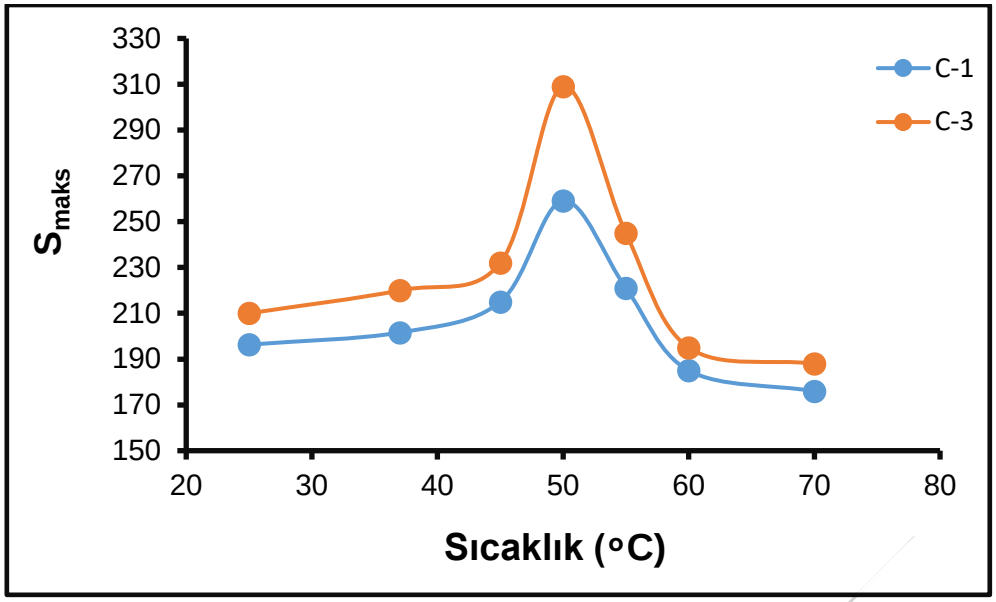
Şekil 1. C-1 jelinin farklı sıcaklıklardaki şişme davranışı.



Şekil 2. C-9 jelinin farklı sıcaklıklardaki şişme davranışı.

Her iki şekilde de görüldüğü gibi sıcaklık 25°C'den 50°C'ye gelene kadar hem şişme hızının hem de şişme kapasitesinin arttığı gözlenmektedir. Bunu itakonik asidin ayrışma yüzdesinin artması ve metil gruplarının su ile yaptıkları H-bağları ile açıklayabiliriz. 50°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ise şişme hızı artmaya devam ederken alkil grupları ile su arasındaki H-bağlarının zayıflaması nedeniyle şişme kapasitesinin azaldığı gözlenmektedir.

Şişme kapasitesinin sıcaklıkla değişimini görmek amacıyla C-1 ve C-3 hidrojellerinin şişme kapasitelerinin sıcaklıkla değişimi **Şekil 3**'te verilmektedir.



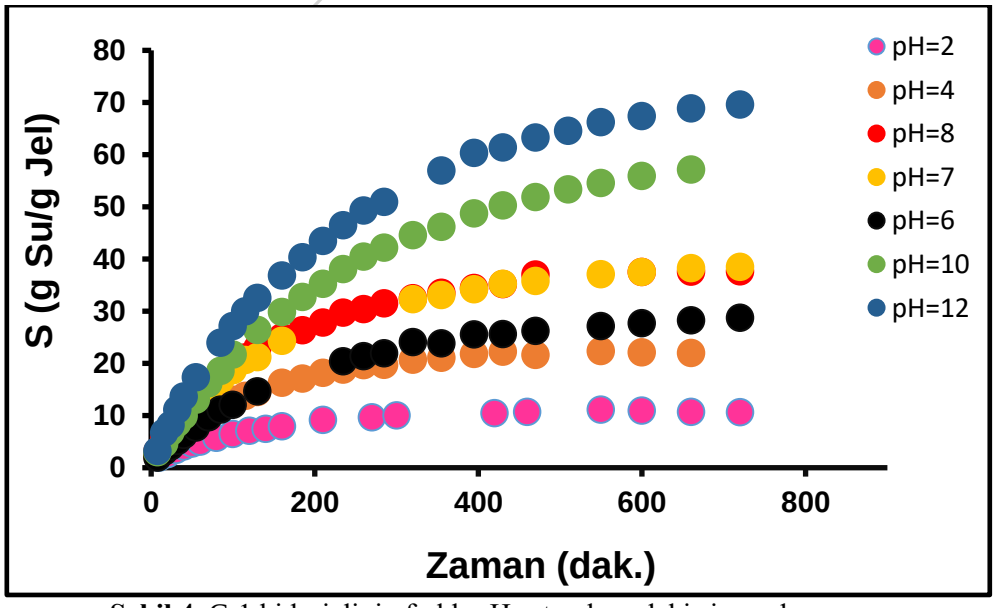
Şekil 3. C-1 ve C-3 hidrojellerinin şişme kapasitelerinin sıcaklıkla değişimi.

Şekil 3'ten de anlaşılacağı üzere daha önce de ifade edildiği gibi sıcaklık 50 °C'ye gelene kadar hem şişme hızı hem de şişme kapasitesi artmaktadır. 50 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ise İA'in ayrışma yüzdesinin artması ile şişme hızı artmaya devam etmekte ancak metil grupları ile su arasındaki H-bağlarının zayıflaması nedeniyle şişme kapasitesi azalmaktadır.

Şişme Davranışı ve Kapasitesine pH'ın Etkisi

Hidrojellerin şişme davranışı ve kapasitesine pH'ın etki edebilmesi için jelin $–NH_2$, $-COO^-$, -COOH, -SH ve $-NH_3$ gibi asidik veya bazik gruplar taşıması gerekir. Bu çalışmada kullanılan İA iki tane karboksil grubu taşıdığı için hidrojellerin pH'tan etkilenmesi beklenmektedir. Bu etkinin olup olmadığının anlaşılması için tüm jellerin pH=2, 4, 6, 7, 8, 10, 12 olan tampon çözeltilerdeki şişme davranışları takip edildi.

C-1 hidrojelinin pH'a bağlı olarak şişme davranışı **Şekil 4**'te verilmektedir.

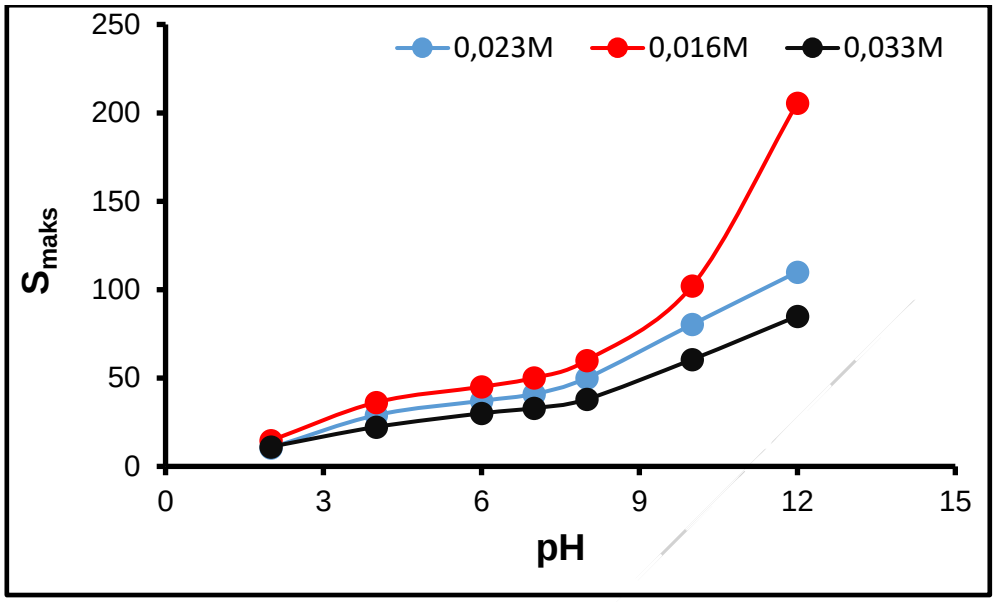


Şekil 4. C-1 hidrojelinin farklı pH ortamlarındaki şişme davranışı.

Şekil 4'te asidik ortamda şişme kapasitesinin düşük olduğu ve bazik ortamda şişme kapasitesinin yüksek olduğu gözlenmektedir. Bunun nedeni asidik ortamda itakonik asidin ayrışma yüzdesinin az olmasıdır.

Bazik ortamda ise itakonik asidin ayrışma yüzdesinin artması ve oluşan (-) yüklerin birbirini itmesi ile şişme kapasitesinin arttığı gözlenmektedir. Asidik ortamdan bazik ortama gidildikçe şişme kapasitesinin arttığı gözlenmektedir.

İA'in farklı oranlarda nötrleştirildiği C-1, C-4 ve C-5 jellerinin şişme kapasitesinin pH ile değişimi **Şekil 5**'te görülmektedir.



Şekil 5. C-1, C-4 ve C-5'in şişme kapasitelerinin pH ile değişimi.

Şekil 5'ten anlaşıldığı gibi her 3 jelde de asidik ortamda şişme kapasitesi oldukça düşük çıkmaktadır. Bazik ortama doğru gidildikçe şişme kapasitesinin arttığı gözlendi. Özellikle pH=10 ve pH=12 de şişme kapasitesinde ani bir artış gözlendi. Bunun nedeni bazik ortamda İA'in NaOH ile tepkimeye girip sodyum itakonat tuzunu oluşturmasıdır. Bu sayede polimerik yapının üzerinde oldukça fazla sayıda negatif yük oluşmakta ve bu yüklerin birbirlerini itmesine dayanan hızlı bir şişme gerçekleşmektedir. Su ile negatif yüklerin arasında gerçekleşen iyon-dipol etkileşimleri neticesinde şişme kapasitesinde de hızlı bir artış söz konusu olmuştur.

SONUÇLAR

Bu çalışmada, daha önce grubumuz tarafından sentezlenmiş olan itakonik asit-stearil metakrilat bazlı süper absorplayıcı polimerlerin şişme kapasitesine pH ve sıcaklığın etkisi incelendi. Sıcaklığın etkisinin anlaşılması için hidrojellerin saf suda, 25, 37, 45, 50, 55, 60 ve 70 °C'lik sıcaklıklardaki şişme davranışları incelendi. Sıcaklık arttıkça itakonik asidin tamamen nötrleştirildiği jellerde şişme hızı ve kapsitesinin azaldığı gözlendi. İtakonik asidin tam olarak nötrleştirilmediği jellerde ise sıcaklık arttıkça şişme hızı ve kapasitesi artmaktadır. 25˚C'de pH 2-12 tampon çözeltilerinde şişme davaranışı incelendi. pH arttıkça şişme hızı ve kapasitesinin arttığı belirlendi.

KAYNAKLAR

Franklin VJ, Bright AM, Tighe BJ. Trends Polym Sci 1993;1:9. (5)

Gupta P, Vermani K, Garg S. Drug Discov Today 2002;7:569–79. (3)

Magnin, D., Lefebvre, J., Chornet, E. ve Dumitriu, S. (2004). Physicochemical and structural characterization of a polyionic matrix of interest in biotechnology, in the pharmaceutical and biomedical fields. *Carbohydrate Polymers*, **55**, 437-453. (7)

Mazi H. ve Sürmelihindi B. Temperature and Ph-sensıtıve Super absorbent Polymers based on Modıfied Maleıc Anhydrıde. Journal of Chemical Sciences. DOI: https://doi.org/10.1007/s12039-020-01873-3. (2)

Moradi, O., Modarress, H. ve Noroozi, M. (2004). Experimental study of albumin and lysozyme adsorption onto acrylic acid (AA) and 2-hydroxyethyl methacrylate (HEMA) surfaces. *Journal of Colloid and Interface Science*, **271**, 16-19. (8)

Nikolaos A. Peppas ve Atul R. Khare. (1993). Preparation, structure and diffusional behavior of hydrogels in controlled relase, Advanced Drug Delivery Reviews, 11, 1-35. (6)

Qiu Y, Park K. Adv Drug Deliv Rev 2001;53:321–39. (1)

Özdemir Y. and Mazi H. pH and Thermo Sensitive Superabsorbent Poly(N-Hydroxymethylacrylamide-co-Itaconic Acid) Hydrogels: Synthesis, Characterization and Kinetic Studies J. Macromol. Sci. Part A. 51 983. (4)

Rosso, F., Barbarisi, A., Barbarisi, M., Petillo, O., Margarucci, S., Calarco, A. ve Peluso, G. (2003). New polyelectrolyte hydrogels for biomedical applications. *Materials Science and Engineering C*, **23**, 371-376. (9)

KİLİN KİREÇ VE ÇİMENTO İLE STABİLİZASYONU

Ensar AYAN
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / İnşaat Mühendisliği Bölümü
ayanensar93@gmail.com

Aydın KAVAK
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / İnşaat Mühendisliği Bölümü
aydin.kavak@kocaeli.edu.tr

Ümit KUT
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / İnşaat Mühendisliği Bölümü
umit.kut@bilecik.edu.tr

Özet
Günümüzde, nüfusun artmasına bağlı olarak taşıma gücü yüksek zeminlerle birlikte taşıma gücü düşük zeminlere de inşaat yapma ihtiyacı doğmaktadır. Bu yüzden, geoteknik mühendisliğinde zemin iyileştirme yöntemleri gün geçtikçe değer kazanmaktadır. Literatüre baktığımızda, kireç ve çimentonun zeminlerin mühendislik özelliklerini iyileştirmek için yaygın bir şekilde kullanıldığı görülmektedir. Daha önceki çalışmalarımızda, zemin iyileştirme kapsamında %3 oranında kirecin killi zeminlerde en iyi sonuçlar verdiği ortaya konmuştu. Bu çalışmada ise, %3 oranındaki kirecin %3 ve %4 oranındaki çimentoya göre serbest basınç deney sonuçlarının karşılaştırılması yapılıp en ekonomik sonucun ortaya konulması hedeflenmiştir. Bu kapsamda, Yalova bölgesinden getirilen, renk olarak sarı görünümlü olan kilin sınıflandırma deneyleri yapılarak CH kili olduğu ortaya konmuştur. Katkısız ve %3 oranındaki kireç ile katkısız ve farklı oranlardaki çimento katkılı CH kilinin, maksimum kuru birim hacim ağırlık ve optimum su muhtevası değerleri bulunmuştur. Daha sonra CH kiline %3 oranında kireç ve %3, %4 oranında çimento eklenerek oluşturulan numunelerin 0 günlük ve 28 günlük tek eksenli basınç deneyleri yapılmıştır ve serbest basınç mukavemet değerleri karşılaştırılmıştır. Laboratuvar deneyleri sonucunda, kireç katkılı ve çimento katkılı kilin katkısız kile göre maksimum kuru birim hacim ağırlık değerlerinde artış olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca %3 kireç katkılı numunelerin, %3 ve %4 çimento katkılı numunelere göre serbest basınç mukavemet değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum, kirecin killi zeminlerin serbest basınç mukavemetini artırması bakımından, çimentoya göre tercih edilmesinin daha ekonomik olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: zemin iyileştirme, serbest basınç mukavemeti, çimento, kireç.

STABILIZATION OF CLAY WITH LIME AND CEMENT

Abstract
Nowadays, because of the increase in population, there is a need to construct to soils which have low bearing capacity, as well as soils which have high bearing capacity. Therefore, soil improvement methods in geotechnical engineering are very important.When we look at the literature, it seems that lime and cement are widely used to improve the engineering properties of soils. In our previous studies, it was shown that 3% lime gives the best results on clay soils. In this study, it is aimed to present the most economical result by comparing the unconfined compressive test results of 3% lime and 3% and 4% cement. In this context, it was revealed that the clay which has yellow appearance, brought from Yalova region, is CH clay as a result of classification experiments. Maximum dry unit weight and optimum water content values of CH clay without additives and with different proportions of lime and cement were found. Later, 0-day and 28-day uniaxial pressure tests of the samples formed by adding 3% lime and 3%, 4% cement to the CH clay were performed and the unconfined compressive strength values were compared. As a result of the laboratory experiments, it has been observed that there is an increase in the maximum dry unit weight values of lime and cement added clay compared to the non-additive clay. In addition, it was observed that the unconfined compressive strength values of the 3% lime added samples were higher than the cement added samples. This case shows that lime is more preferable according to ecenomical than cement in terms of increasing the strength of the soil.

Keywords: soil improvement, unconfined compressive strength, cement, lime.

1. GİRİŞ

İnşaat mühendisliğinde, yapıların sağlam olması gerektiği kadar yapının inşa edileceği zeminin de taşıma gücünün yüksek olması gerekmektedir. Ancak, günümüzde nüfusun artmasına bağlı olarak yapıyı güvenli bir şekilde taşıyacak, taşıma gücü yüksek araziler azalmaktadır. Bundan dolayı, çoğu zaman yapının yapılacağı zeminin mühendislik özelliklerinin iyileştirilmesi gerekmektedir. Zemin iyileştirmede temel amaç genel olarak, dayanımı düşük zeminin taşıma kapasitesini artırmak, zeminin kayma direncini artırmak, toplam oturmayı azaltıp konsolidasyonu hızlandırmak, zeminin potansiyel sıvılaşma riskini azaltmak, dolgu ve şevlerin stabilitesini sağlamak, boşluk oranlarını önemli ölçüde azaltmak, istinat duvarlarını desteklemektir. Günümüzde, zeminlerin iyileştirilmesi konusu geoteknik mühendisliğinin en temel ilgi alanlarından birisi haline gelmiştir. Taş kolon, jet grout, enjeksiyon gibi yöntemler ile, uçucu kül, fırın cürufu, geri dönüştürülmüş lastik agregalar, atık mermer, atık tuğla, kimyasal katkılar, polimer malzemeler, geotekstil malzemeler gibi katkı malzemeleri ile zeminlerin iyileştirilmesi hakkında birçok çalışma bulunmaktadır (Okagbue ve ark., 2000; Prabakar ve ark., 2004; Taşpolat ve ark., 2006; Aruntaş, 2006; Yıldırım ve ark., 2010; Paul ve ark., 2014; Öntürk ve ark., 2014; Yarbaşı, 2018). Bu çalışmanın literatür araştırması kapsamında daha çok kireç ve çimento ile yapılan zemin iyileştirme çalışmalarına değinilmiştir.

Bozkurt (2020), arazide yüksek su muhtevası içeren bir kilin kireç ile mühendislik özelliklerinin iyileştirilmesi kapsamında yüksek lisans tez çalışması yapmıştır. Bu kapsamda, CH sınıfına ait killi bir zemine %2, %3 ve %4 oranlarında sönmüş kireç ve %3 oranında sönmemiş kireç ekleyerek anlık, 1 günlük, 7 günlük ve 28 günlük kür süresinden sonra serbest basınç mukavemet değerlerini karşılaştırmıştır. Araştırmacı, sönmüş kireç karıştırılarak yapılan serbest basınç deney sonuçlarına göre optimum oranın %3 olduğunu ve 28 günlük kür süresinin ardından %3 katkılı sönmüş kirecin katkısız kile göre yaklaşık olarak serbest basınç mukavemetinde %300 oranında artış olduğunu ortaya koymuştur. Araştırmacı ayrıca, %3 oranında sönmemiş kireç karıştırılarak yapılan serbest basınç deney sonuçlarına göre 28 günlük kür süresinin ardından sönmemiş kireç katkılı numunenin katkısız kile göre serbest basınç mukavemet değerinde %200 oranında artış olduğunu ortaya koymuştur. Yapılan çalışmaya bakıldığında, sönmüş kirecin sönmemiş kirece göre daha iyi sonuçlar verdiği, %3 oranında kirecin 28 günlük kür süresinin ardından killi zeminlerin serbest basınç mukavemetini ciddi oranlarda arttırdığı görülmektedir. Bu kapsamda belli oranlarda kirecin killi zeminlerin mühendislik özelliklerinin iyileştirilmesinde kullanılabileceği anlaşılmaktadır.

Dinçer ve Berilgen (1991), yüksek plastisiteli killi silt zeminlerin stabilizasyon sonucunda davranışlarını incelemiştir. Araştırmacılar, hacimce %4 ve %6,5 oranlarında kireç katarak oluşturulan zemin numunelerini, 7 gün ve 28 günlük kür süreleri sonunda CBR deneylerine tabi tutmuşlardır. Deney sonuçlarına göre, zemine kireç ile stabilizasyonu sonucunda, CBR değeri %11,63'den %29,75'e kadar yükseldiği ifade edilmiştir. Zeminin kireç ile stabilizasyonu sonucunda, deformasyon özelliklerindeki değişimi göstermek amacıyla yapılan ödometre deney sonuçlarında, kireç yüzdesi arttıkça konsolidasyon oturmalarının azaldığı, şişme miktarlarında ise kayda değer azalmaların olduğu belirlenmiştir. Kavak (1996), saf bentonit ve kaolin killerini kireçle stabilize ederek serbest basınç mukavemetlerini incelemiştir. Sonuçta, kilin serbest basınç mukavemetinde, bentonit için 1 ayda 6 kat, kaolin için ise 12 kata varan artışlar olduğunu gözlemlemiştir. Yıldız ve ark. (2004), plastisiteleri farklı yüksek ve düşük plastisiteli iki çeşit kil zemin kullanıp kireçle stabilizasyon yaparak, iki kil tipi için de mukavemet parametrelerindeki değişimleri gözlemişlerdir. Sonuçta, yüksek plastisiteli kil olan Aksaray kilinin serbest basınç mukavemeti 28 günlük kür sonucunda yaklaşık olarak 15 kat arttığını, düşük plastisiteli kil olan Doğanhisar kilinde ise mukavemetin 28 günlük kür sonucunda yaklaşık 3 arttığını ifade etmişlerdir.

Kavak ve ark. (2009), kireç stabilizasyonunun gerçek bir yol üzerinde performansını belirleyebilmek için çalışmalar yapmışlardır. Çalışmada, arazinin kireç stabilizasyonuna uygun olduğu Karayolları laboratuvarlarında zemin mekaniği deneyleri ile tespit edilmiştir. Çalışmalar, bölünmüş bir yolun yeni

yapılmakta olan kısmında gerçekleştirilmiş ve taşıma gücü düşük ariyet ocağı malzemesi yol güzergahı üzerinde %2 kireç ile iyileştirilerek kullanılmıştır. Sonuçta, yapılan ıslak CBR (Kaliforniya Taşıma Oranı) deneylerinde doğal durumda 6 olan CBR değerinin %2 kireç ile 80'li değerlere çıktığını belirlemişlerdir. Yıldız (2020) çalışmasında, Yalova bölgesinden getirilen kilin, farklı ve yüksek oranlarda çimento ile karıştırılıp serbest basınç deneyine tabi tutarak kilin mukavemetine katkısını incelemiştir. Bu amaçla, kilin sınıflandırma deneylerini yapmıştır. Daha sonra katkısız ve farklı çimento oranlarındaki kilin optimum su muhtevası ve maksimum kuru birim hacim ağırlık değerlerini bulmuştur. Çalışmanın sonunda katkısız ve %8, %10, %12 oranlarında çimento eklenerek hazırlanan numuneler anlık, 1 günlük, 7 günlük ve 28 günlük süreler sonunda serbest basınç deneyine tabi tutulmuştur. Laboratuvar deneyleri sonucunda çimento katkılı kilin katkısız kile göre su muhtevasında artış olduğu görülmüştür. Ayrıca çimento katkılı killi zemin numunelerinde zamana bağlı olarak mukavemet artışı olduğu gözlemlenmiştir. 28 günlük kür süresi sonunda %10 çimento oranının mukavemet değerlerinde daha iyi sonuçlar ortaya çıkmıştır ve %12 çimento oranına göre daha ekonomiktir. Bu durum çimentonun zeminin mukavemetini artırması bakımından, zemin iyileştirmesinde kullanılabileceğini göstermektedir.

Kılıç (2008) çalışmasında, İngiltere'de üç farklı bölgede yer alan West Ashling, Hamble ve Emsworth killerinin geoteknik özelliklerini inceleyerek, bu killerin çimento ile stabilizasyonunu deneysel olarak araştırmıştır. Çimento ile iyileştirmenin incelenen killerin mukavemeti üzerindeki etkisini inceleyebilmek amacıyla laboratuvarda katkısız ve %6, %10 ve %15 çimento eklenerek hazırlanmış çimento katkılı numuneler üzerinde Veyn ve üç eksenli basınç deneyleri, %20 ve %25 çimento katkılı numunelerde ise 7, 14 ve 28 günlük bekleme süreleri sonunda serbest basınç deneyleri yapmıştır. Çimento katkılı kil numuneler üzerinde laboratuvarda üç farklı hücre basıncı altında gerçekleştirilen üç eksenli basınç deneylerinden elde edilen drenajsız kayma mukavemeti değerlerinin de artan çimento yüzdesi ile birlikte arttığı görülmüştür. Keshawarz ve Dutta (1993), % 20 F sınıfı uçucu kül, % 6 kireç ve %10 Portland çimentosu içeren 3 grup zemin örneği üzerinde çalışmıştır. Zeminlerin plastisitesini azaltmada bu üç katkı da başarılı bulunmuştur. Serbest basınç mukavemetleri tüm örneklerde artmış ve mukavemet yüksekten düşüğe doğru sırasıyla, çimento, kireç ve uçucu kül içeren gruplarda gözlenmiştir. Sariosseri ve Muhunthan (2008), çimento katkılı farklı türde zeminler ile yaptıkları çalışma neticesinde işlenebilirlikte, serbest basınç mukavemetinde ve kayma mukavemetinde gelişim görmüşlerdir. İyileşmenin zeminin türü ile yakından ilgili olduğunu söylemişlerdir. Drenajsız üç eksenli deneylerde kayma mukavemeti gelişimi ile birlikte meydana gelen kırılma türlerinin de çimento içeriğiyle değişim gösterdiğini bulmuşlardır.

Khemissa ve Mahamedi (2014), aşırı konsolide şişebilen bir kil zeminde çimento ve kireç ile stabilizasyon yaparak, kompaksiyon, CBR ve drenajsız direkt kesme deneyleri yapmışlardır. Doğal kilin taşıma gücünün %8 çimento ve %4 kireç katkısıyla sağlandığını raporlamışlardır. Eskişar (2020) çalışmasında, çimento, kireç ve uçucu kül ile yapılan iyileştirmenin kil zeminlerin mukavemet ve deformasyon özellikleri üzerindeki etkisini araştırmıştır. Bu amaçla kaolin-bentonit karışımı bir zemine çimento, kireç ve bu bağlayıcılara puzolan olarak uçucu kül katılarak hazırlanan numuneler farklı kür sürelerinde bekletildikten sonra serbest basınç deneyi ile dayanımları tespit edilmiş, katkı maddelerinin ve kür sürelerinin mekanik davranışa olan etkisi araştırılmıştır. Numunelerin hazırlanmasında Harvard minyatür kompaktörü kullanılmıştır. Katkı içermeyen zemine göre katkı maddeleri ile iyileştirilmiş zeminlerin çok daha gevrek bir davranış sergilediği ve göçme anındaki deformasyonlarının küçüldüğü gözlenmiştir. Kür süresinin artması da deformasyon seviyesinin azalmasına sebep olmuştur. %6 kireç-%3 uçucu kül içeren numuneler en yüksek mukavemeti vermiştir. Katkısız örneklere göre dayanım 180 gün sonunda 6.6 kat artmıştır. Kireç-uçucu kül katkısının çimentonun yerini alabilecek yüksek mukavemet ve daha düşük maliyetle bir alternatif oluşturabileceği görülmüştür.

Kireç ve çimento ile killi zeminlerin mühendislik özelliklerinin iyileştirilmesi kapsamında literatüre baktığımızda birçok çalışmanın olduğunu görmekteyiz. Bu çalışmalar, belli oranlarda kireç ve çimento kullanımının killi zeminlerin mühendislik özelliklerinin önemli ölçüde iyileştirilebileceğini göstermektedir. Tablo 1 ve Tablo 2'de zemin cinsine göre yaklaşık olarak optimum kireç ve çimento miktarları gösterilmektedir.

Tablo 1: Zemin cinsine göre yaklaşık olarak optimum kireç oranları (Şengül, 2010).

Zemin cinsi	Kuru zemin ağırlıkça yüzdesi
İyi derecelenmiş killi çakıl	3
Kumlu kil	5
Kumlar	Tavsiye edilmez
Siltli kil	2-4
Plastik kil	3-8
Yüksek plastisiteli kil	3-10
Organik zeminler	Tavsiye edilmez

Tablo 2: Zemin cinsine göre yaklaşık olarak optimum çimento oranları (Çetin, 2011).

Zemin Sınıflandırılması		Hacimsel Oran (%)
AASHTO	Birleşik Zemin Sınıflandırılması	
A-2 ve A-3	GP, SP ve SW	6-10
A-4 ve A-5	CL, ML ve MH	8-12
A-6 ve A-7	CL ve CH	10-14

2. MALZEME

Bu çalışmada zemin malzemesi olarak Şekil 1'de gösterilen kil kullanılmıştır. Kilin zemin sınıfını belirlemek için TS–1900/1'e göre Şekil 2'de gösterilen hidrometre deneyi, kıvam limitleri deneyi ve piknometre deneyi yapılmıştır ve sonuçlar Tablo 3'te gösterilmiştir. Sınıflandırma deney sonuçlarından yola çıkarak, TS– 1500/2000'e göre deneylerde kullanılan kilin zemin sınıfı CH (Yağlı Kil) olarak bulunmuştur.



Şekil 1: Yüksek Plastisiteli Kilin (CH) görüntüsü



Şekil 2: Sınıflandırma deneyleri

Tablo 3: Sınıflandırma deney sonuçları

LL* (%)	101
PL (%)	21,5
PI (%)	79,5

Kum (%)	5
Silt (%)	30
Kil (%)	65
Dane özgül ağırlığı (g/cm^3)	2,72
Organik malzeme oranı (%)	3,5

*Likit limit değeri, casagrande likit limit cihazı ile belirlenmiştir.

Deneylerde katkı malzemesi olarak sönmüş kireç kullanılmış olup kullanılan sönmüş kirecin fiziksel ve kimyasal özellikleri sırasıyla Tablo 4 ve Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 4: Sönmüş Kirecin Fiziksel Özellikleri (Tüylüce, 2010)

Sönmüş Kireç Fiziksel Analiz	
Kimyasal Adı	Kimyasal hidroksit
Fiziksel Görünüşü	Kuru beyaz toz
Kaynama Sıcaklığı C^0	100
Erime Sıcaklığı C^0	580
200 µ elek üstü (%)	Maks. 0,5
90 µ elek üstü (%)	Maks. 4
Birim Hacim Kütlesi (kg/dm^3)	Maks. 0,5

Tablo 5: Sönmüş Kirecin Kimyasal Özellikleri (Tüylüce, 2010)

Sönmüş Kirecin Kimyasal Analizi	
$Ca(OH)_2$	80-86
CaO + MgO (%)	Min. 88
MgO	1-2
Çözünmeyen Madde (%)	Maks. 1
SO_3	Maks. 1,5
R_2O_3 (Al_2O_3+Fe_2O_3)	Maks. 1

Nuh çimento fabrikasından temin edilen CEM I 42.5 R Portland Çimentosu (PÇ) ise çimento katkı malzemesi olarak kullanılmıştır. Kullanılan çimentonun özgül ağırlığı 3.15 g/cm^3'tür. Ayrıca özgül yüzey alanı ise 418 cm^2/g olarak belirlenmektedir. Portland çimentosunun kimyasal özelliklerine bakıldığında kızdırma oranı %2.87, çözünmeyen kalıntı ise maksimum %5 olarak verilmiştir. Kimyasal bileşenlerden SO_3 bileşenin oranı %2,81 ve MgO bileşenin oranı ise %2.05 verilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Kompaksiyon Deneyi

Kompaksiyon deneyi, zeminin maksimum sıkışabileceği optimum su muhtevasını bulmak için yapılan mekanik bir deneydir. Bu kapsamda, saf kil (K), kil + %3 kireç (K3K), kil + %3 çimento (K3Ç), kil + %4 çimento (K4Ç) olmak üzere 4 adet kompaksiyon deneyi yapılmıştır. Saf kilin kompaksiyon deneyi TS-1900/2'ye göre, karışımların kompaksiyon deneyi ise minyatür proktor aleti ile yapılmıştır. Kompaksiyon deneyleri sonucunda bulunan optimum su muhtevaları ve maksimum kuru birim hacim ağırlık değerleri Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6 : Kompaksiyon deney sonuçları

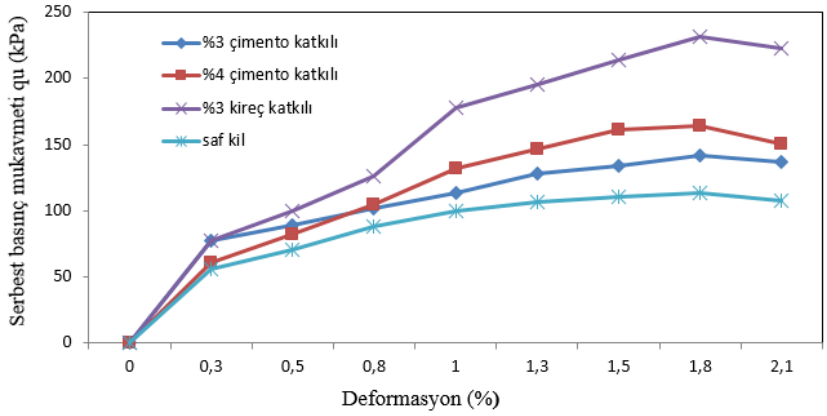
	Optimum Su Muhtevası	Maksimum Kuru Birim Hacim Ağırlık (kN/m^3)
K	18,14	15,47
K3K	21,85	12,96

K3Ç	18,38	12,67
K4Ç	19,58	12,98

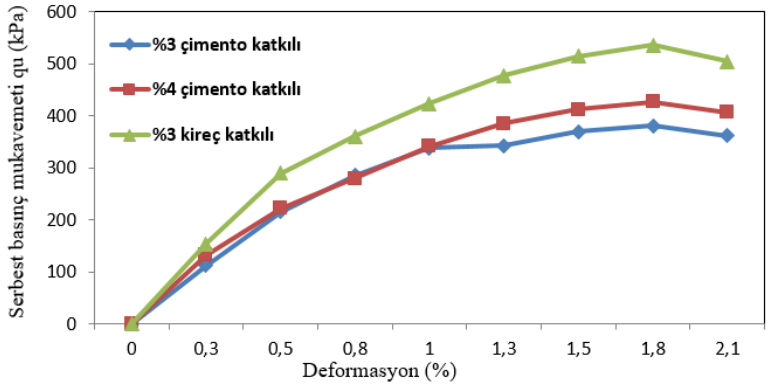
Kompaksiyon deney sonuçlarına bakıldığında katkılı kilin katkısız kile göre optimum su muhtevalarında artış olmuştur. Bu durum kireç ve çimentonun taneciklerinin yüzey alanının kile göre daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca kile katkı malzemesi eklendikçe maksimum kuru birim hacim ağırlık değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Bu durum ise kilin birim hacim ağırlığının kireç ve çimentoya göre daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

3.2. Serbest Basınç Deneyi

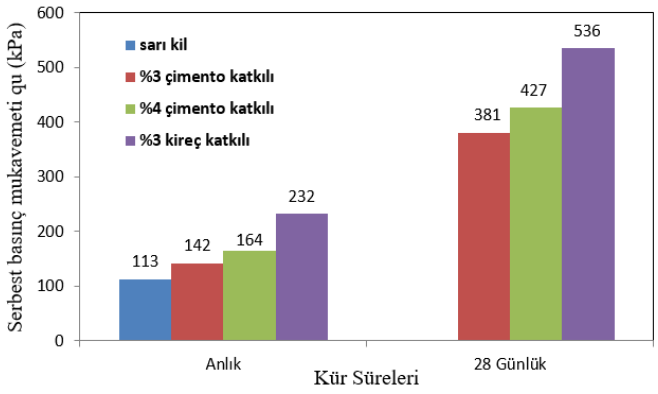
Kompaksiyon deneyi yapılarak optimum su muhtevaları belirlenen katkısız ve katkılı kil karışımlarına ait silindir numuneler minyatür proktor ile elde edilmiştir. Laboratuvar ortamında hazırlanan bu silindir numulerin 0 ve 28 günlük serbest basınç mukavemet değerlerine bakılmıştır. Sonuçlar Şekil 3, Şekil 4 ve Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 3: 0 günlük serbest basınç deney sonuçları



Şekil 4: 28 günlük serbest basınç deney sonuçları



Şekil 5: Kür sürelerine göre serbest basınç deney sonuçları

Serbest basınç deney sonuçlarına göre, 28 günlük numunelerin 0 günlük numunelere göre serbest basınç mukavemet değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, çimento ve kirecin zamanla killi zeminlere dayanım kazandırdığını göstermektedir. Katkılı numunelerin katkısız numunelere göre daha yüksek serbest basınç mukavemetine sahip olduğu görülmektedir. %3 kireç katkılı numunelerin, %3 ve %4 çimento katkılı numunelere göre daha yüksek serbest basınç mukavemetine sahip olduğu anlaşılmaktadır. Literatür çalışması kapsamında da görüldüğü gibi, belli oranlarda kireç ve çimento kullanımının kür süresine bağlı olarak killi zeminlerin serbest basınç mukavemetinde ciddi oranlarda artışlar meydana getirdiği görülmektedir. Sonuçlar olarak, bu çalışma kapsamında da belli oranlarda kireç ve çimento kullanımının killi zeminlerin serbest basınç mukavemetinde kür süresine bağlı olarak ciddi artışlar meydana getirdiği ortaya konmuştur.

4. SONUÇ

Günümüzde zemin iyileştirme konusu, geoteknik mühendisliğinin vazgeçilmez konularından birisidir. Literatür çalışması kapsamında kireç ve çimentonun zemin iyileştirmesinde kullanımının önemi anlaşılmaktadır. Bu çalışmada da, belli oranlarda kireç ve çimentonun killi zeminlerin mühendislik özelliklerinin iyileştirilmesinde kullanılabileceği ortaya konmuştur. Ayrıca deney sonuçlarına göre, killi zeminlerin stabilizasyonunda kireç kullanımın çimento kullanımına göre daha ekonomik olduğu görülmektedir. Tablo 1 ve Tablo 2'de kireç ve çimentonun zemin cinsine göre optimum oranlarına bakıldığında kireç oranlarının daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durum da, kirecin çimentoya göre kullanılmasının daha ekonomik olduğunu göstermektedir. İleriki çalışmalarda kür süresi, karışım oranları gibi parametreler değiştirilip çimento ve kirecin killi zeminlerin CBR, serbest basınç mukavemeti, kıvam limitleri gibi değerlerini nasıl etkileyeceği hakkında çalışmalar yapmak hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

OKAGBUE, C.O., YAKUBU, J.A. (2000), Limestone ash waste as a substitute for lime in soil improvement for engineering construction, *Bulletin of engineering Geology and the Environment*, 58(2), 107-113.

PRABAKAR, J., DENDORKAR, N., MORCHHALE, R.K. (2004), Influence of fly ash on strength behavior of typical soils, *Construction and Building Materials*, 18(4), 263-267.

TAŞPOLAT, L.T., ZORLUER, İ., KOYUNCU, H. (2006), Atık Mermer Tozunun Geçirimsiz Kil Tabakalarda Donma-Çözülmeye Etkisi, *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2(2), 11-16.

ARUNTAŞ, H. (2006), Uçucu Küllerin İnşaat Sektöründe Kullanım Potansiyeli, *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21(1), 193-203

YILDIRIM, D., YILDIZ, A. (2010), Geogrid Donatılı Stabilize Dolgu Tabakası İle Kil Zeminlerin İyileştirilmesi, *Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(2), 29-38

PAUL, A., ANUMOL, V.S., MOİDEEN, F., JİKSYMOL, K.J., ABRAHAM, A. (2014), Studies on improvement of clayey soil using egg shell powder and quarry dust, *International Journal of Engineering Research and Applications*, 4(4), 55-63.

ÖNTÜRK, K., FIRAT, S., VURAL, İ., KHATİB, J.M. (2014), Uçucu Kül ve Mermer Tozu Kullanarak Yol Altyapısının İyileştirilmesi, *Politeknik Dergisi*, 17(1), 35-42.

YARBAŞI, N. (2018), Mermer Tozu ve Atık Lastik ile İyileştirilen Düşük Plastisiteli Killi Zeminlerin Dayanım Özellikleri, *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 4(2), 162-170.

BOZKURT, E. (2020) , Arazide Yüksek Su Muhtevası İçeren Bir Kilin Kireç ile Stabilizasyonu, *Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.*

DİNÇER, E., BELİRGEN, M. M. (1991), İnce Daneli Bir Zeminin Kireç Stabilizasyonu, *Anadolu Üniversitesi V. Ulusal Kil Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 280-291.

KAVAK, A. (1996), The Behavior of Lime Stabilized Clays Under Cyclic Loading, *Doktora Tezi, Boğaziçi Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü*.

YILDIZ, M., SOĞANCI, A.S., DEMİRÖZ, A., ALBAYRAK, V. (2004), Tekrarlı Donma ve Çözülmenin Kireç ile Stabilize Edilmiş Kil Zeminlerin Mukavemet ve Permabilitesine Etkisi, *Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Onuncu Ulusal Kongresi*, 2-3.

KAVAK, A., GÜNGÖR, A. G., AVŞAR, C., YÖNTER, G., TOKGÖZ, M., AKYARLI, A. (2009), Kil Oranı Yüksek Bir Dolgu Malzemesinin Kireç ile Stabilizasyonu. *14. Ulusal Kil Sempozyumu, KTÜ, Trabzon.*

YILDIZ, Y. (2020) , Killi Bir Zeminin Çimento ile Stabilizasyonu, *Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.*

KILIÇ, G. (2008), Çimento ile Zemin Stabilizasyonu, *Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.*

KESHAWARZ, M. S. ve DUTTA, U. (1993), Stabilization of South Texas soils with fly ash, *fly ash for soil improvement, Geotechnical Special Publication,* No. 36, ASCE, US.

SARİOSSEİRİ, F., MUHUNTHAN, B. (2008), Geotechnical properties of Palouse Loess modified with cement kiln dust and Portland cement, *GeoCongress, New Orleans, Louisiana, United States*, 978-0-7844-0972-5.

KHEMİSSA, M., MAHAMEDİ, A. (2014), Cement and lime mixture stabilization of an expansive overconsolidated clay, *Applied Clay Science*, 95, 104-110.

ESKİŞAR, T. (2020), Çimento, kireç ve uçucu kül ile iyileştirilen kaolin bentonit karışımı zeminlerin mekanik özellikleri, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *22*(1), 92-105.

ŞENGÜL, E. (2010), Yüksek Su Muhtevalı Killi Yol Taban Zemininin Kireç Stabilizasyonu Ve Hücresel Dolgu Sistemiyle İyileştirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.*

ÇETİN, A.Y. (2011), Yüksek Plastisiteli Kil Zeminlerinin Alternatif Malzemeler İle Yüzeysel Zemin Stabilizasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.

TS 1900-1 (2006), İnşaat Mühendisliğinde Zemin Lâboratuvar Deneyleri-Bölüm 1: Fiziksel Özelliklerin Tayini.

TS 1500 (2000), İnşaat Mühendisliğinde Zeminlerin Sınıflandırılması.

TÜYLÜCE, F. (2010), Deniz Killerinin Kireç Stabilizasyonu İle İyileştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

TS 1900/2 (2006), İnşaat Mühendisliğinde Zemin Lâboratuvar Deneyleri-Bölüm 2: Mekanik Özelliklerin Tayini.

HİDROLİK SİSTEMLERDE KULLANILAN KONTRALI DİRSEKTE MEYDANA GELEN AKIŞIN DENEYSEL VE SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ

Y. Selim Korkmaz
Altan Hidrolik Müh.San. ve Tic. A.Ş.İstanbul, Türkiye
ykorkmaz@altanhidrolik.com.tr, ORCID ID: 0000-0002-5818-846X

Ali Kibar
Kocaeli Üniversitesi, Uzunçiftlik Nuh Çimento M.Y.O. Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Kocaeli, Türkiye
alikibar@kocaeli.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-2310-1088

Süleyman Yiğit
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye
kyigit@hotmail.com, ORCID ID: 0000-0003-1277-9405

Özet
Hidrolik sistemlerde akışkanın istenilen yere ulaştırılması için hidrolik iletim hatları kullanılmaktadır. Bu iletim hatları temel olarak boru, hortum ve bağlantı elemanlarından oluşmaktadır. Boru ve hortumları birbirlerine ve hidrolik sistemde bulunan aktüatörlere bağlamak için bağlantı elemanları kullanılmaktadır. Bağlantı elemanları düz ve bükümlü olarak kullanılabilmektedir. Bükümlü olarak kullanılan hortum rakorları ve dirsekler tesisat üzerinde büyük kolaylık sağlamaktadır. Hidrolik sistemlerde kullanılan 90° boru bağlantı dirsekleri, boru bağlantılarının 90° dönmesini sağlamakta ve bu sayede akışkanı yönlendirmektedir. Kontralı 90° dirsekler ise boruları, pompalar, hidrolik motorlar, valfler, silindirler gibi aktüatörlere bağlamaktadır. Kontralı dirsekler boruları 90° yönlendirmenin yanı sıra üzerinde bulunan kontra somun sayesinde istenilen yöne ayarlanabilmektedir. Bu sayede boru ve aktüatör bağlantılarında büyük kolaylık sağlamaktadır. Bu çalışmada 3/8'' BSP kontralı dirsekte meydana gelen akış deneysel ve sayısal olarak incelenmiştir. Yapılan deneysel çalışmalarda farklı Reynolds Sayılarında kontralı dirseklerde meydana gelen basınç düşümleri ölçülmüştür. Deneysel çalışmalar ile doğrulanmış olan sayısal sonuçlar kullanılarak basınç düşümü sebepleri ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bağlantı elemanı, Hidrolik sistemler, Kontralı dirsek, Basınç düşümü

EXPERIMENTAL AND NUMERICAL INVESTIGATION OF THE FLOW IN THE ADJUSTABLE ELBOW COUPLINGS IN HYDRAULIC SYSTEMS

Abstract
Hydraulic pipelines consisting of pipes, hoses and fittings are used to transport the fluid in hydraulic systems. Fittings are used to connect pipes and hoses to each other and to actuators in the hydraulic system. Connection fittings can be used as straight and twisted. Hose fittings and elbows, which are used as twisted, provide great deal of simplicity and flexibility on the installation. The 90 ° bend elbows used in hydraulic systems enable the pipe connections to rotate 90 ° and thus direct the fluid. 90° adjustable stud elbow connect pipes to actuators such as pumps, hydraulic motors, valves, and cylinders. In addition to directing the pipes by 90 °, the stud elbow can be adjusted in the desired direction due to the counter nut. Therefore, it provides great convenience in pipe and actuator connections. In this study, the flow phenomenon in the 3/8" BSP adjustable stud elbow is examined experimentally and numerically. In the experimental studies, the pressure drops occurring in the adjustable stud elbow were measured at different Reynolds Numbers. The causes of pressure drop were examined in detail by using numerical results validated by experimental studies

Keywords: Hydraulic pipelines, Hydraulic fittings, Adjustable stud elbow, Pressure drop

1. GİRİŞ

Hidrolik sistemler bir tahrik motoru ve pompa yardımıyla basınç enerjisini akışkan vasıtasıyla kullanılacağı yere ileten sistemlerdir. Bu sistemlerde istenilen kuvvet veya tork değeri amaca uygun hale getirilip kullanılmaktadır. Büyük kuvvetlere, hassas hız kontrolüne ve yüksek moment/güç/ağırlık oranlarına ihtiyaç duyulan durumlarda en uygun çözüm hidrolik sistemler olmaktadır. Hidrolik sistemler, araba krikolarından hastane yataklarına, binlerce ton preslerden hassasiyeti mikrometre derecesine varan robotlara kadar geniş bir kullanım ve uygulama alanlarına sahiptir (Pinches ve ark 1994).

Vana, dirsek, T-bağlantı, daralma ve genişleme gibi hidrolik sistem bağlantı elemanları hidrolik sistemlerin ayrılmaz birer parçasıdır. Bu bağlantı elemanları, akış hızını kontrol etmek ve akış yönünü değiştirmek için kullanılırlar. Böylece sistemde akışkanın oluşturduğu basınç kayıplarına ek olarak kayıplar oluşmaktadır. Hidrolik sistemlerde düz bir borudan akan akışkandaki basınç kaybı boru ve akışkan arasındaki viskoz sürtünmeden kaynaklanır. Diğer yandan hidrolik bağlantı elemanları, akışkanın ani hız ve yön değişikliklerine maruz kalmasına ve basınç düşümüne neden olur (Perumal ve ark. 2015).

Hidrolik sistemlerde devre elemanlarının (borular, hortumlar, bağlantı elemanları) iç akış özelliklerinin incelenmesi, hidrolik sisteminin dinamik ve statik performansını anlamaya ve hidrolik tesisat tasarımı için teorik bir temel sağlamaya yardımcı olur. 90° bükümlü bir devre elemanında oluşan akış ayrılmaları ve ikincil akışlar basınç kayıplarına neden olur. Hidrolik sistemlerde kullanılan 90° bağlantı elemanları ve dirsekler sistemde büyük kolaylık sağlar. Yapısı basit olmasına karşın akış alanı karmaşıktır. Bu tip parçaların akış özelliklerini incelemek, dinamik ve statik davranışları anlamak ve basınç kayıplarını azaltmak için teorik bir temel sağlar (Wu ve ark. 2019). Basınç düşümü, hız ve yoğunluğa bağlı olarak yerel kayıp katsayısı Denklem (1)'deki gibi ifade edilir.

$$K_L = \frac{2\Delta P}{\rho v^2} \tag{1}$$

Denklemde verilen ΔP, K_L, ρ ve v sırasıyla; basınç düşümü, yerel kayıp katsayısı, yoğunluk ve ortalama hızdır.

Konuyla ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde hidrolik sistemlerde kullanılan kontralı dirseklerle ilgili çalışma olmadığı görülmektedir. Bu konudaki çalışmaların çoğunlukla bükümlü boruların incelenmesi üzerine yoğunlaştığı görülmektedir.

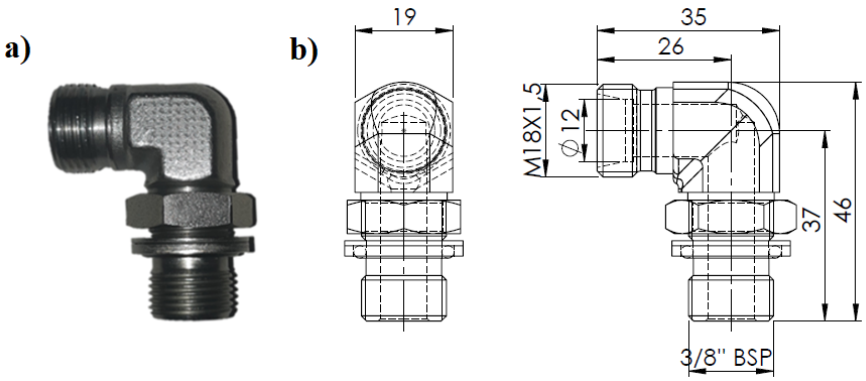
Kumar Perumal ve arkadaşları 2015 yılında boru bağlantı elemanlarının basınç kaybı katsayılarının tahmini için bir CFD simülasyon çalışması yapmışlardır. Çalışmalarında Reynolds sayılarını değiştirerek dirsekte meydana gelen basınç kayıplarını hesaplamışlardır. Bu şekilde, bağlantı elemanlarının basınç kayıp katsayılarının tahmini için CFD simülasyonunun kullanışlılığını göstermişler ve CFD modeli kullanarak kayıp katsayısı belirlemenin diğer yöntemlere göre daha ekonomik bir alternatif olduğu sonucuna varmışlardır. (Perumal ve ark. 2015).

Darko M Knežević ve arkadaşları 2009 yılında hidrolik boru hattı sistemlerindeki basınç kayıplarının sıcaklık ve basıncın dikkate alınarak belirlenmesi üzerine çalışma yapmışlardır. Literatürde mevcut olan Reynolds sayısına bağlı olarak hesaplanan basınç kayıplarının eksik kalan yönlerini incelemek için akışkan basıncı, sıcaklık, yoğunluk ve bunlara bağlı viskozitedeki değişiklikleri dikkate almışlardır. Yaptıkları çalışmada gerçek koşullarda meydana getirdikleri modelin basınç kayıplarını hesaplamak için diğer yöntemlere göre daha doğru sonuçlar verdiğini tespit etmiş ve bu yöntemi önermişlerdir (Knežević ve ark. 2009).

Kim Jongtae ve arkadaşları 2014 yılında türbülanslı boru akışında 90° dirsekte meydana gelen ikincil akışın özelliklerini deneysel ve sayısal olarak incelemişlerdir. Bir dirsekte meydana gelen ikincil akışı karakterize etek için en uygun türbülans modelinin k-ε modelinin olduğunu tespit etmişlerdir (Jongate ve ark. 2014).

2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada Şekil 1'de gösterilen 3/8'' BSP diş tipine Ø12 boru bağlantısına ve 19 mm genişliğe ve 46 mm yükseklikte sahip kontralı dirseğin içerisindeki akış incelenmiştir. Çalışmada ilk olarak kontralı dirsek deney düzeneğine bağlanarak basınç kayıpları ölçülmüş daha sonra 3D model sayısal olarak analiz edilmiş ve deneysel sonuçlarla analiz sonuçları doğrulanmıştır. Kontralı dirsekte meydana gelen akış simülasyon sonuçları kullanılarak ayrıntılı olarak incelenmiştir.



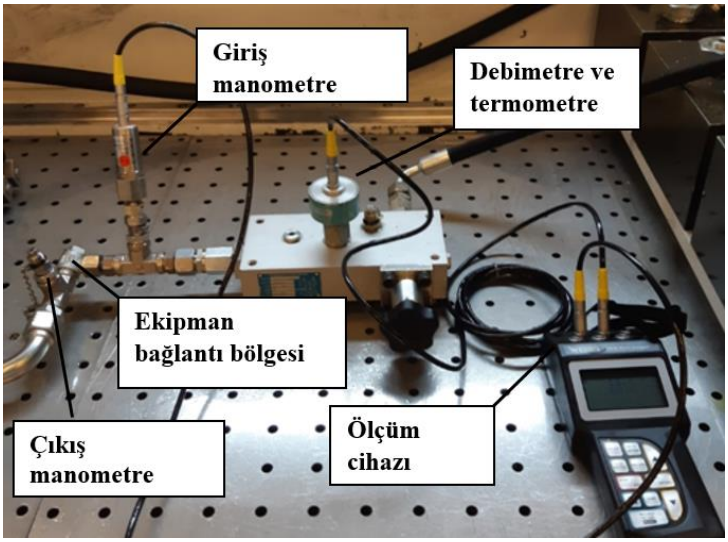
Şekil 1. a) Kontralı dirsek b) Kontralı dirsek ölçüsel gösterimi.

2.1. Deney Çalışması

Deneysel çalışmalarda Şekil 2'de gösterilen deney düzeneği kullanılmıştır. Deneysel çalışmalarda Tablo 1'de özellikleri verilen ISO 22 hidrolik akışkan kullanılmıştır. Deney düzeneği sürücü ile kontrol edilebilen bir elektrik motorundan oluşmaktadır. Deney düzeneği 0-300 lt/dak aralığındaki debilere, elektrik motorundaki sürücü sayesinde ayarlanabilmektedir. Deneysel çalışmalarda Webtec (SR-HPM-460-05-0C) marka 300 lt/dak ya kadar ölçüm yapabilen bir debimetre kullanılmıştır. Debimetre üzerinde hem basınç hem de sıcaklık ölçebilen bir cihaz mevcuttur. Ölçüm sonuçları aynı markaya ait ölçüm cihazından alınmıştır.

Tablo 1. Deneysel çalışmalarda kullanılan akışkanın özellikleri.

Kinematik viskozite	22	cSt
Ortalama Sıcaklık	40	°C
Yoğunluk	860	kg/m³



Şekil 2. Kontralı dirseğin deneysel çalışmalarında kullanılan deney düzeneği.

2.2. Sayısal Çalışmalar

Analiz çalışmalarında kontralı dirsek 30, 40, 50 ve 60 lt/dak debilerde analiz edilmiştir. Akış olayının simülasyonunun modellemesi için sabit yoğunlukta ve sıkıştırılamaz viskoz bir akışkan (NavierStokes denklemleri) için kütlenin (Deneklem (2)) ve momentumun korunumu (Denklem (3)) denklemleri sayısal olarak çözülmüştür.

Kütlenin korunumu denklemi;

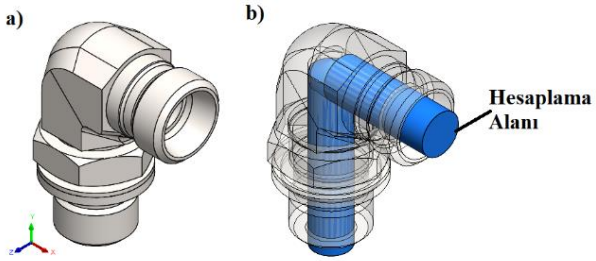
$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot \left(\rho \vec{V}\right) = 0, \tag{2}$$

Momentum korunumu denklemi;

$$\rho \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + \nabla \cdot \left(\rho \vec{V} \vec{V}\right) = \overrightarrow{f_b} - \nabla p + \nabla \cdot \tau, \tag{3}$$

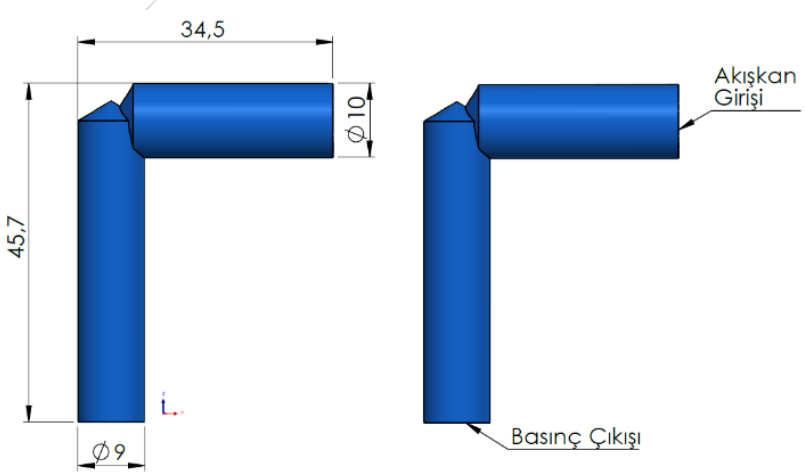
2.3. Geometrik Model ve Sınır Koşulları

Şekil 3a'da kontralı dirseğin 3D CAD modeli Şekil 3b'de ise hesaplama alanı mavi renkli olarak gösterilmiştir. Hesaplama alanı dirsek gövdesiyle iç kısımdaki boşluktan elde edilmiştir. Analiz çalışmalarında Reynolds 2882, 3842, 4803, 5763 sayılarında basınç kayıplarını hesaplamak için toplamda 4 adet analiz çalışması yapılmıştır.



Şekil 3. a) 3D cad model b) Hesaplama alanı.

Şekil 4'te analiz çalışmalarında kullanılan hesaplama alanı ölçüleri gösterilmiştir. Akışkankan dirsek içerisine Ø10 mm çapta girmektedir. Daha sonra 90° dönüş yaparak Ø9 mm çapta çıkmaktadır. Sınır şartı olarak Şekil 4'te gösterildiği gibi akışkan girişi bölgesinde kütlesel debi tanımlanmıştır. Çıkış olarak basınç çıkışı (0 bar) kullanılarak akış simüle edilmiştir. Diğer tüm yüzeyler duvar sınırı olarak belirlenmiştir. Duvarlarda kaymama (no slip) sınır şartı tanımlanmıştır.

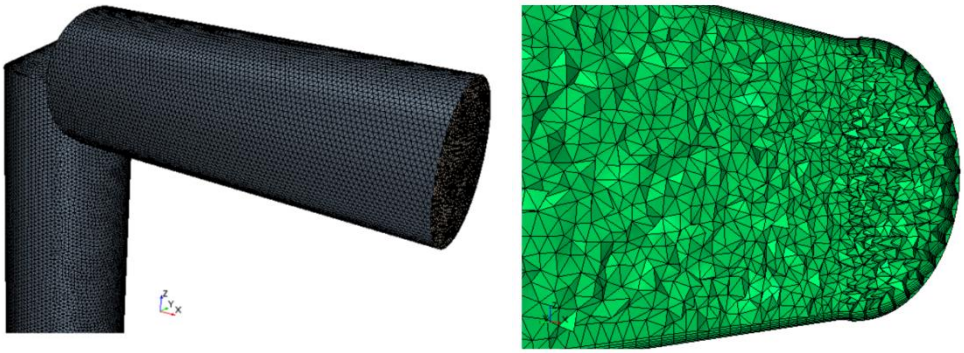


Şekil 4. Hesaplama alanı ölçüleri.

2.4. Sayısal Çözüm Ağı ve Sayısal Çözüm Ağından Bağımsızlık Çalışması

Bu çalışmada kontralı dirsekteki akışı analiz etmek için tetrahedral sayısal çözüm ağı (mesh) kullanılmıştır. Literatürde yapılan benzer çalışmalarda tetrahedral çözüm ağının iyi sonuçlar verdiği

belirtilmiştir (Pal ve ark. 2018). Duvara yakın bölgelerdeki sayısal çözüm ağı prizmatik hücreler kullanılarak sıklaştırılmıştır (Şekil 5). Sayısal çözüm ağından bağımsızlık çalışması için dört farklı çözüm ağı yapısı oluşturulmuştur. Tablo 2'de görüldüğü gibi dört durum için 79090, 191290, 409280 ve 798860 adet sayısal çözüm ağı hücresi oluşturulmuştur. Şekil 5'te oluşturulan sayısal çözüm ağı yapısı gösterilmiştir.

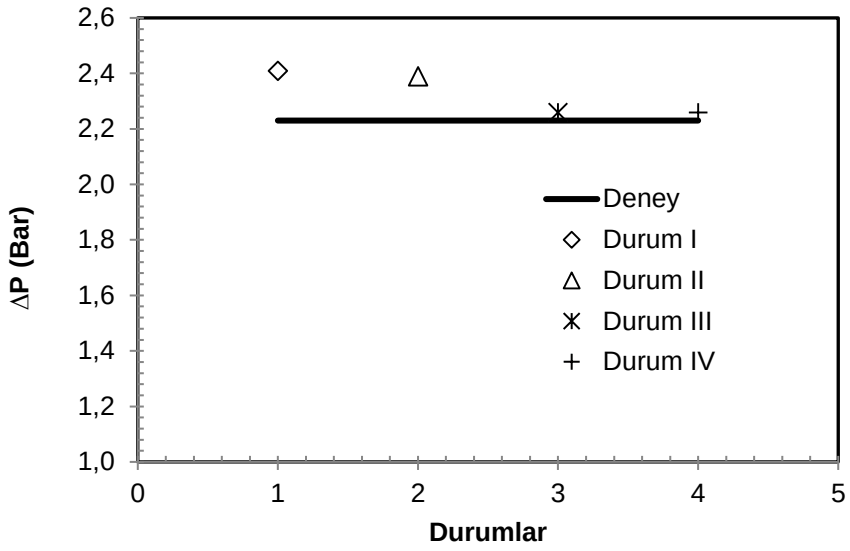


Şekil 5. Kontralı dirseğin tetrahedral çözüm ağı yapısı.

Tablo 2. Çözüm ağından bağımsızlık çalışması için oluşturulan hücre sayıları.

Durumlar	Çözüm Ağı Hücre Sayıları
Durum I	79090
Durum II	191290
Durum III	409280
Durum IV	798860

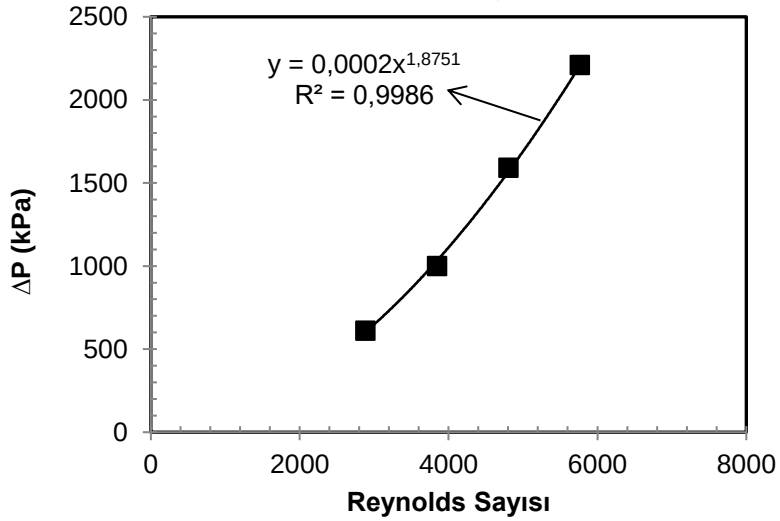
Kontralı dirseğin giriş ve çıkış arasındaki deneyle elde edilen basınç kayıpları çözüm ağından bağımsızlık çalışması için kullanılmıştır. Bu amaçla deneysel sonuçlar ve dört farklı çözüm ağı hücre sayısına göre basınç kayıpları Şekil 6'da gösterilmiştir. Çözüm ağı için ilk önce 79090 (Durum I) hücre oluşturulmuş ve elde edilen basınç düşümünün deneysel sonuçtan daha fazla olduğu görülmüştür. Daha sonra Tablo 1'de verildiği gibi çözüm ağı hücre sayısı artırılarak basınç düşümü sonuçları elde edilmiştir. Şekil 6'da görüldüğü gibi Durum I ve Durum II'deki çözüm ağı hücre sayılarıyla elde edilen sonuçlar ile deneysel sonuçlar arasındaki fark fazla oluşmuştur. Durum III'den sonra hücre sayılarının artırılması sonuçları çok fazla etkilememiştir. Durum III'de verilen hücre sayısının deneysel sonuçlarla tutarlı olmasından dolayı, kontralı dirseğin içerisindeki akışın simülasyonu için yapılan analiz çalışmalarında Durum III kullanılmıştır.



Şekil 6. Kontralı dirseğin çözüm ağından bağımsızlık çalışması için basınç kayıpları.

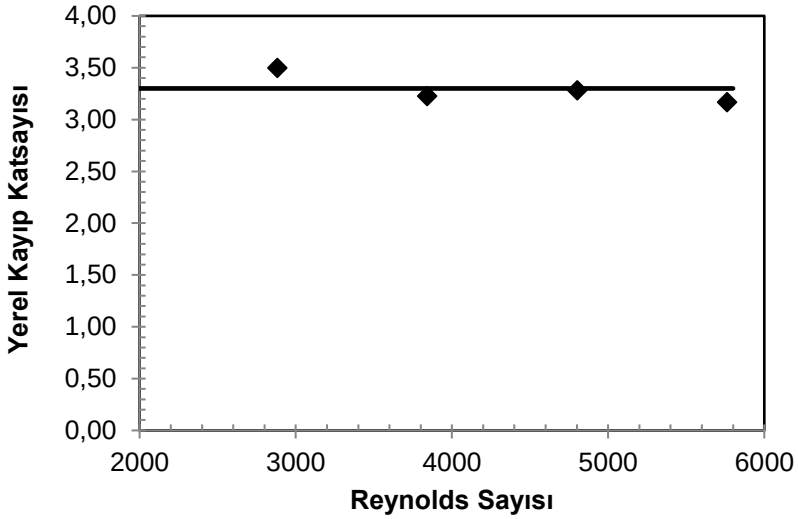
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada kontralı bir dirsekte meydana gelen basınç düşümü ve akış olayı deneysel ve sayısal olarak çalışılmıştır. Şekil 7'de kontralı dirsekte farklı Reynolds sayılarında meydana gelen basınç düşümleri verilmiştir. Reynolds sayısı arttıkça basınç düşümü artan bir eğimle artmaktadır. Deneylerde kullanılan kontralı dirsekte meydana gelen basınç düşümü için Reynolds sayısına bağlı olarak Şekil 7'de görüldüğü gibi ampirik bir formül elde edilmiştir.



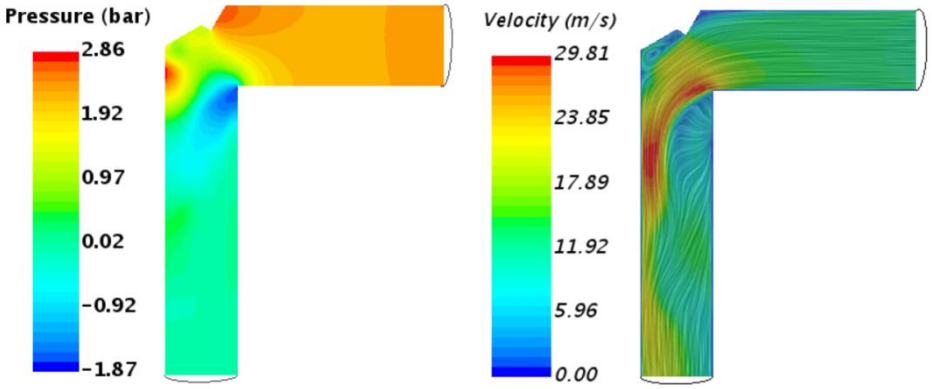
Şekil 7. Kontralı dirsekte farklı Reynolds sayılarında meydana gelen basınç düşümleri.

Şekil 8'de yerel kayıp katsayısının Reynolds Sayısı ile değişimi görülmektedir. Yerel kayıp katsayısı ortalama olarak 3.3 değerinde olmaktadır. Bu değer keskin köşeli 90° dönüşlü dirsekte yaklaşık 1.1 değerinde olmaktadır. Bu çalışmada kullanılan kontralı dirsekte akışta meydana gelen 90° dönüşe ek olarak akış yönü değişiklikleri ve akış genişleme/daralmaları olduğundan yerel kayıp katsayısı keskin köşeli 90° dönüşlü dirseklere oranla üç kata daha fazla bir basınç düşümü meydana gelmiştir.



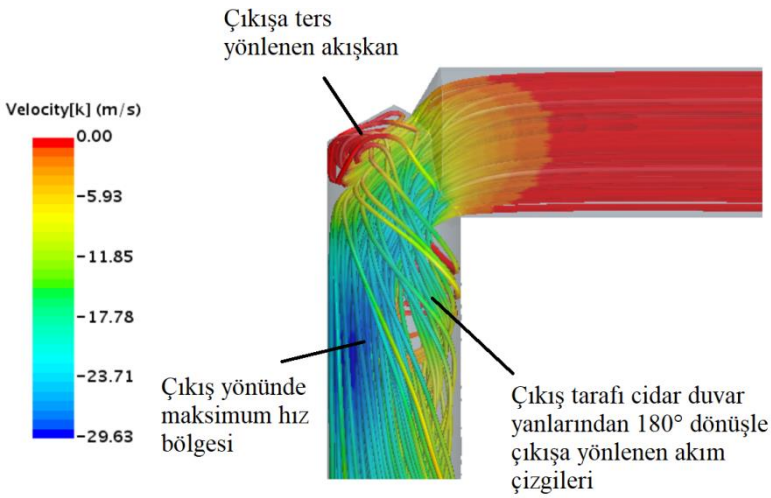
Şekil 8. Kontralı dirsekte meydana gelen yerel kayıp katsayılarının Reynolds sayısı ile değişimi.

Şekil 9'da kontralı dirsekteki basınç ve hız dağılımları gösterilmiştir. Hız dağılımları incelendiğinde akışkanın giriş yaptıktan sonra 90° yön değiştirdiği keskin köşelerde akış ayrılmasının oluştuğu görülmektedir. Şekil 9'da basınç dağılımını incelediğimizde ise akış ayrılmalarının olduğu bölgelerde negatif basınçların oluştuğu görülmektedir. Bu negatif basınçlar akış ayrılmalarından kaynaklanmakta ve basınç kayıplarına neden olmaktadır.



Şekil 9. Kontralı dirsek basınç ve hız dağılımları.

Şekil 10'da kontralı dirsek içerisindeki akım çizgileri gösterilmiştir. Akışkan dirseğin içerisine girdiğinde çıkışa yönlenerek tam karşı iç duvara çarpmaktadır. Bu bölgede akışın büyük çoğunluğu çıkışa doğru yönlenmektedir. Bu bölgede çıkış yönünde maksimum hız oluşmaktadır. Şekil 10'da görüldüğü gibi bir miktar akışkan da çıkışa ters yönlenerek burada vorteks oluşturmaktadır. Giriş tarafının yan bölgelerinden dirseğe giren akışkan ise borunun daireselliğinden dolayı 180° dönerek dirseğin iç tarafında her iki yönden birleşerek çıkışa yönlenmektedir. Keskin dönüşün olduğu iç tarafta ise akış ayrılmaları ve buna bağlı olarak negatif basınç meydana gelmektedir (Şekil 9).



Şekil 10. Kontralı dirsek çıkış yönündeki akım çizgileri (sadece çıkış yönü olan –z yönündeki hızlar gösterilmiştir. Diğer yönlerdeki hızlar kırmızı renkli olarak gözükmektedir.).

Kontralı dirsekler büyük çoğunlukla dövme yöntemiyle üretilmektedir. Akışkanın giriş yaptığı ve çıkış yaptığı bölgeler matkapla açılmaktadır. Basınç kayıplarına neden olan akış ayrılmalarının olduğu bölgeler giriş ve çıkış bölgelerinin çakıştığı kısımda en fazladır. Bu kısımlar matkapla açıldığı için akış ayrılmasına neden olan keskin kenarın giderilmesi mümkün gözükmemektedir. Diğer taraftan vorteks oluşturan bölgelerin matkapla açılan deliklerin çakıştığı bölgeler olduğu görülmektedir. Bu kısımlar da matkap derinliğini artırmak bir yöntem olabilir. Ancak bu şekilde dirseğin et kalınlığında azalma olacaktır. Hidrolik sistemlerin yüksek basınçlarda (200-400 bar) çalıştığı düşünüldüğünde et kalınlığını azaltmak uygun bir yöntem olmayacaktır.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada hidrolik sistemlerde yaygın olarak kullanılan kontralı dirsek içerisindeki akışlar incelenmiştir. Bu dirseklerin imal edilme yönteminden kaynaklı içerisinde bulunan keskin köşeler dolayısıyla akış ayrılmaları ve vorteksler meydana gelmektedir. Bu sebeple dirseğin giriş ve çıkışı arasında büyük basınç kaybı meydana gelmektedir. Meydana gelen kayıplar Reynolds sayısının artmasıyla daha büyük değerler almaktadır. Bundan dolayı kontralı dirseklerde keskin köşeli bir 90° dirsekten üç kat daha fazla bir yerel kayıp katsayısı oluşmaktadır. 3/8'' BSP kontralı dirsekte yerel kayıp katsayısı 3,3 olarak tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

Kim J., Yadav M., Kim S., Characteristics of Secondary Flow Induced by 90-degree Elbow in Turbulent Pipe Flow, *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics*, 2014, **8**(2), 229-239.

Pal C., Gulshan T., Shashi S., Nisbat A., Chandan M., Experimental and CFD Analysis of Mixed Elbow Draft Tube and Comparative Analysis with Simple Elbow Draft Tube, International Journal for Research in Engineering Application and Management, 2018, 4(3), 15-21.

Perumal K., Ganesan R., CFD Modeling for The Estimation of Pressure Loss Coefficients of Pipe Fittings: an Undergraduate Project, *Computer Applications in Engineering Education*, 2016, **24**(2), 180-185.

Piechota P., Synowiec P., Andruszkiewicz A., Wędrychowicz W., Selection of The Relevant Turbulence Model in a CFD Simulation of a Flow Disturbed by Hydraulic Elbow—Comparative Analysis of The Simulation with Measurements Results Obtained by The Ultrasonic Flowmeter, *Journal of Thermal Science*, 2018, **27**(5), 413-420.

Pinches J. M., Ashby G. J., Güç Hidroliği, Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları, Ankara, 1994.

Savić V., Knežević D., Lovrec D., Jocanović M., Karanović, V., Determination of Pressure Losses in Hydraulic Pipeline Systems by Considering Temperature and Pressure, *Strojniški Vestnik-Journal of Mechanical Engineering*, 2009, **55**(4), 237-243.

Wu Renzhi., Qin L., Numerical Study on Flow Characteristics and Energy Loss Mechanism in The 90° Circular Pipe Bend, *2019 International Conference on Advances in Construction Machinery and Vehicle Engineering (ICACMVE).*, Changsha, China, 14-16 May 2019.

CMS MU+VBF TRIGGER PERFORMANCE WITH 2017 DATA

Ali ÇELİK
Burdur Mehmet Akif Ersoy University / Faculty of Art and Sciences, Department of Physics
ali.celik@cern.ch, ORCID ID: 0000-0001-8218-6512

Teruki KAMON
Texas A&M University / Mitchell Institute for Fundamental Physics and Astronomy
kamon@tamu.edu, ORCID ID: 0000-0001-5565-7868
On behalf of the CMS Collaboration

Abstract
A study of events with low momentum leptons at the CERN LHC is crucial in search for Supersymmetry (SUSY) where the mass difference between the lightest SUSY particles (LSP) and next to the lightest SUSY particles (NLSP) is small (mass degenerate). CMS, one of the two general purpose experiments at the LHC, developed and commissioned a dedicated low transverse momentum ($\boldsymbol{p_T}$) single muon trigger with two jets in vector-boson fusion (VBF) topology during Run 2 of the LHC. The performance is evaluated using the data sample collected by the CMS detector in proton-proton collisions at center of mass energy of 13 TeV and corresponding to an integrated luminosity of 8.7 fb^{-1}. These results include the efficiencies as a function of various variables reconstructed with the offline version of the CMS software. The efficiency of the hadronic part of the trigger is 98.4% for events containing a triggered muon and two jets that pass the VBF selection criteria, with the leading (sub-leading) jet $\boldsymbol{p_T > 120(50)}$ GeV, jet pseudorapidity $\boldsymbol{|\eta| < 5.0}$, and missing transverse momentum (MET) $\boldsymbol{> 150}$ GeV. The VBF trigger allows lowering the MET threshold from 250 GeV.

Keywords: CMS, LHC, VBF, Trigger.

1. INTRODUCTION

The CERN Large Hadron Collider is designed to collide protons head-on at a center of mass energy of 14 TeV. Bunch spacing between beams is 25 ns corresponding to a bunch crossing rate of 40 MHz. In other words, approximately one billion of proton-proton collisions are produced every second. In order to handle this huge amount of data, CMS (CMS Collaboration, 2008) employs a two level trigger system called Level-1 (L1) (CMS Collaboration, 2000) and High Level Trigger (HLT) for selecting only interesting events while rejecting the non-interesting events for offline analysis. The first one is based on the hardware, namely it consists of custom-built programmable electronics such as field-programmable gate arrays (FPGAs) and custom application-specific integrated circuits (ASICs) whereas the latter one is software based and uses more sophisticated algorithms.

The hardware based L1 trigger system is designed to reduce the rate from 10^9 Hz to 10^5 Hz. This L1 trigger system is a combination of independent calorimeter and muon chamber trigger systems and each independent trigger selects events whose detector signal is consistent with physics objects such as jet, missing energy etc. After an event passes one of these independent regional triggers, the event is sent to the Global Trigger that decides to reject or keep the event for further processing.

Final events for physics analysis are selected and stored on the LHC computing grid, which is composed of four Tiers, system after applying HLT. The event rate after applying HLT decreases approximately to $\mathcal{O}(10^2)$ Hz. CMS deploys many HLT algorithms designed by various analysis groups for their needs.

2. MATERIALS AND METHODS

In this study, we present the efficiency of a trigger targeting events with a soft muon, two forward jets with a large invariant mass and moderate missing transverse momentum (MET). This trigger is used in the context of searches for supersymmetric particles produced through VBF processes. The dataset analyzed is recorded by the CMS detector from proton-proton collisions at $\sqrt{s}$ = 13 TeV in 2017 and corresponds to 8.7 fb^{-1}.

The Level 1 condition of the trigger requires two jets with transverse momentum typically greater than 100 and 35 GeV and a pair of jets with $p_T > 35$ GeV along with $M_{jj} > 620$ GeV. The HLT condition requires the presence of two jets with $p_T > 40$ GeV, $\Delta\eta(j_1, j_2) > 3.5$ and $M_{jj} > 750$ GeV. It also requires an $H_T > 300$ GeV, which is defined as the scalar sum of the p_T of the jets, and at least 60 GeV of missing transverse energy when muons are omitted in the energy sum.

The efficiency is computed as a function of various variables reconstructed with the offline version of the CMS software. For each distribution generated, only the cut on the variable under study is dropped. Table 1 shows common selection criteria applied for all events entering the denominator. Muons are required to pass tight identification working point and relative isolation criteria in Table 1 (CMS Collaboration, 2018). For the requirement of at least two jets, "tight" jet ID working point is used.

The efficiency (black dots in each plots) is defined as the ratio of events firing the trigger (filled histograms in Fig. 1-5) over the denominator (dashed blue histogram in Fig. 1-5). Figures 1-5 indicate the inclusive efficiency as 98.4% for the full set of cuts listed in Table 1.

Table 2. Offline Selection criteria

Central Selections		
Trigger	SingleMu	HLT_ISOMu27
Muon	p_T and $\|\eta\|$	$p_T > 30$ GeV, $\|\eta\| < 2.4$
	Id and Iso	Tight, $I_{rel} < 0.15$
	N_μ	≥ 1
Jets	p_T and $\|\eta\|$	p_T(jet) > 120 (50) GeV, $\|\eta\| < 5.0$
	$N_{tightJets}$	≥ 2
	H_T ($p_T > 30$ GeV, $\|\eta\| < 5$)	> 450 GeV
MET	E_T^{miss}(no μ)	> 150 GeV
VBF Selections		$\eta^{j1} \times \eta^{j2} < 0$, $\Delta\eta(j_1, j_2) > 3.6$, $M_{jj} > 1$ TeV

3. RESULTS

The trigger efficiency of VBF-tagged jets with a soft muon ($p_T(\mu) > 8$ GeV) in a single muon data set as a function of the offline missing transverse energy ignoring muons is shown in Figure 1. Both offline and online jets in this study are reconstructed with the Particle-Flow algorithm (CMS Collaboration, 2017), where a jet is clustered with the anti-k_T algorithm (Cacciari et al., 2008) with a distance parameter $R = \sqrt{(\eta^2 + \phi^2)}$ of 0.4. The efficiency measured here is only the hadronic part of the μ+VBF trigger.

The denominator part of the efficiency calculation in the Fig. 1 is the number of events passing the single muon trigger (HLT_IsoMu27) which have at least one muon with $p_T > 30$ GeV, $|\eta| < 2.4$ and jets with the leading (sub-leading) $p_T > 120$ (50) GeV, $|\eta^j| < 5.0$, $\eta^{j1} \times \eta^{j2} < 0$, $\Delta\eta(j_1, j_2) > 3.6$, $M_{jj} > 1$ TeV and $H_T > 450$ GeV. Here, H_T is defined as the scalar sum of p_T of the jets having $p_T > 30$ and $|\eta| < 5.0$.

The numerator part of the efficiency is filled with the events passing all selections above on top of the μ+VBF trigger.

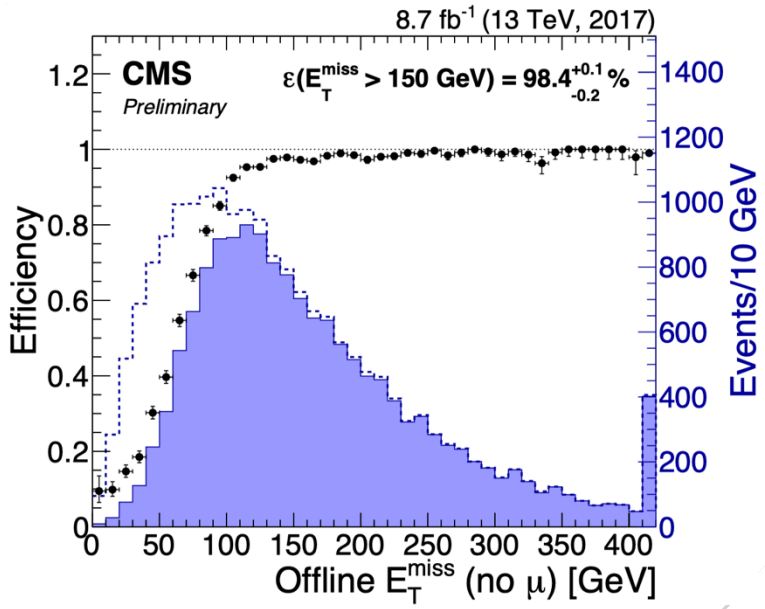


Figure 1. VBF trigger efficiency as a function of MET ignoring muons (CMS Collaboration, 2017).

Trigger efficiency as a function of the offline H_T is shown in Fig. 2. Denominator part of the efficiency calculation is comprised of events passing the selections in Table 1 with no H_T cut. Numerator part is filled with the events passing all the selections for constructing the denominator and μ+VBF trigger.

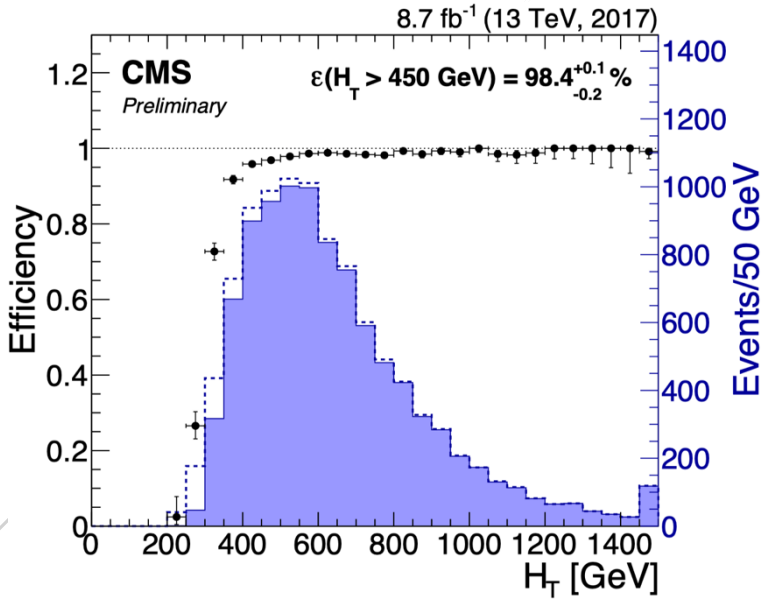


Figure 2. VBF trigger efficiency as a function of H_T (CMS Collaboration, 2017).

Another leg of the μ+VBF trigger is di-jet invariant mass. In order to check the trigger efficiency as a function of di-jet invariant mass, we used all selection criteria shown in Table 1 without applying any cut on the variable under-study. Events passing all these selections form the denominator part of the efficiency. The numerator is filled with the events passing the μ+VBF trigger as well as selections for the denominator. As seen in Fig. 3, a trigger efficiency of 98.4% is reached for the case where di-jet invariant mass is greater than 1 TeV.

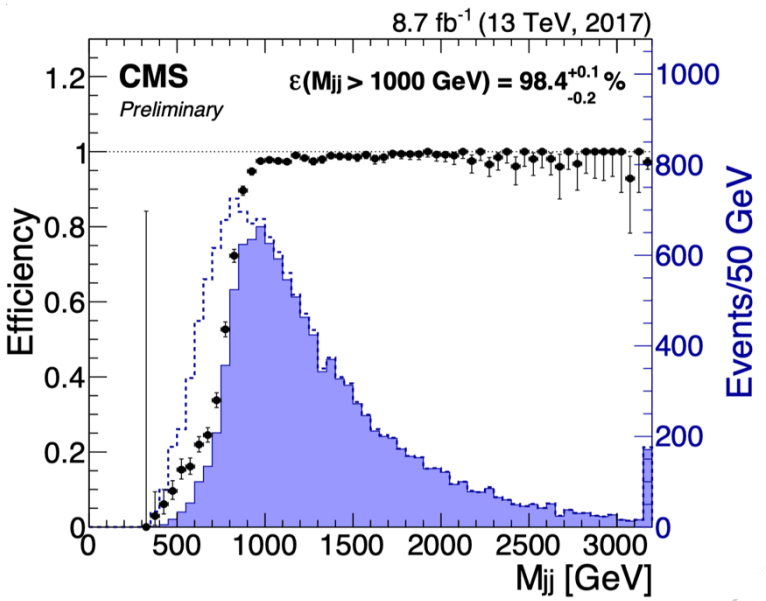


Figure 3. VBF trigger efficiency as a function of di-jet invariant mass (CMS Collaboration, 2017).

The trigger efficiency as a function of the pseudorapidity difference between two jets is shown in Fig. 4. Event selection criteria for the denominator part of the efficiency are as shown in Table 1, however, without the requirement of any cut on pseudorapidity difference between leading and sub-leading jets. All the events passing requirements for the denominator as well as the μ+VBF trigger form the numerator part of the efficiency. As seen in Fig. 4, the efficiency reaches 98.4% for the case in which pseudorapidity difference between leading and sub-leading jets is greater than 3.6. We also checked the trigger efficiency as a function of sub-leading jet p_{T}. The denominator is formed with events passing all the selections in Table 1 but with no cut on the p_{T} of the sub-leading jet. The numerator is filled with the events passing selections of the denominator along with the μ+VBF trigger. As seen in Fig. 5, the trigger efficiency is 98.4% when the sub-leading jet $p_{\mathrm{T}} > 50$ GeV.

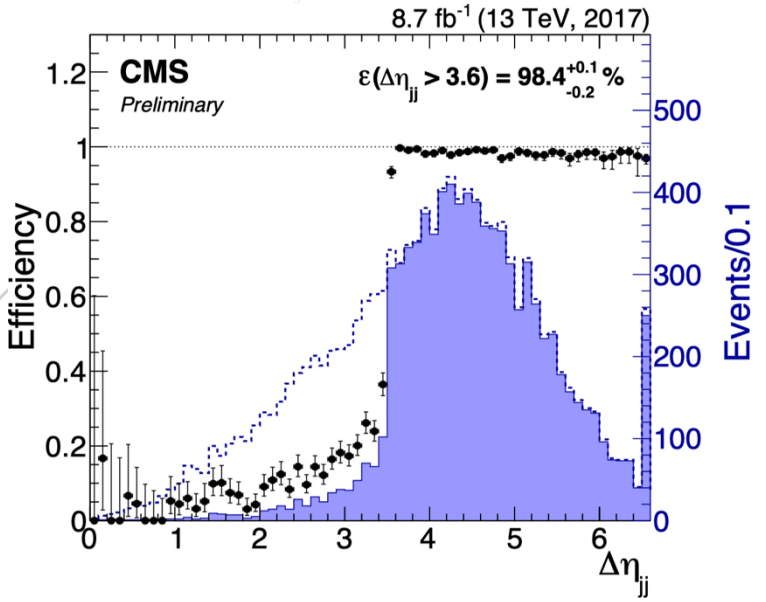


Figure 4. VBF trigger efficiency as a function of pseudorapidity difference between leading and sub-leading jets (CMS Collaboration, 2017).

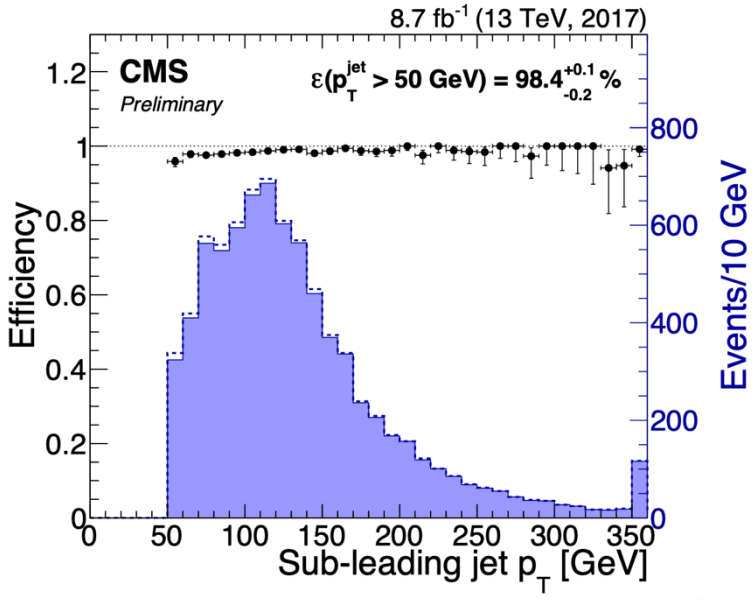


Figure 5. VBF trigger efficiency as a function of sub-leading jet $p_{\mathbf{T}}$ (CMS Collaboration, 2017).

4. CONCLUSION

Many supersymmetry searches have been carried out by both CMS and ATLAS (ATLAS Collaboration, 2008) experiments at the LHC. In the case where the mass difference between the lightest SUSY particles (LSP) and next to the lightest SUSY particles (NLSP) is small, leptons coming from cascade decay of the SUSY particles are soft and thus hard to reconstruct. As the study of events with low momentum leptons is crucial in search for SUSY in a compressed scenario, CMS developed and commissioned a dedicated low p_{T} single muon trigger with two jets in VBF topology during Run 2. The performance of the trigger is checked with data recorded by the CMS detector in proton-proton collisions at center of mass energy of 13 TeV and corresponding to an integrated luminosity of 8.7 fb^{-1}. These results include the efficiencies as a function of various variables. The efficiency of the hadronic part of the trigger is 98.4%.

REFERENCES

ATLAS Collaboration, 2008. The ATLAS Experiment at the CERN Large Hadron Collider. *JINST*, 3, S08003.

Cacciari et al., 2008. The anti-kt jet clustering algorithm. *Journal of High Energy Physics*, 2008(04), 63.

CMS Collaboration, 2000. Technical Design Report, Volume 1: The Trigger Systems. Available at: https://cds.cern.ch/record/706847 [Access Date: 22.12.2020]

CMS Collaboration, 2008. The CMS experiment at the CERN LHC. *JINST*, 3, S08004.

CMS Collaboration, 2017. Particle-flow reconstruction and global event description with the CMS detector. *Journal of Instrumentation* 86.

CMS Collaboration, 2017. Mu+VBF Trigger Performance with 2017 Data. Available at: http://cds.cern.ch/record/2296696 [Access Date: 22.12.2020]

CMS Collaboration, 2018. Performance of the CMS muon detector and muon reconstruction with proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV. *Journal of Instrumentation*, 13(06), P06015-P06015.

PİSTON TASARIMI VE FARKLI YAKIT KARIŞIMLARININ DİREKT ENJEKSİYONLU BİR HCCI MOTORDA YANMAYA ETKİLERİNİN SONLU HACİMLER METODU İLE İNCELENMESİ

Kudret Köse
Opsan A.Ş., Ar-Ge Merkezi
kudretkose@opsan.com.tr, ORCID ID: 0000-0002-0270-543X

Mustafa Deniz Altınkurt
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği Bölümü
deniz.altinkurt@kocaeli.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-7164-4415

Ali Türkcan
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği Bölümü
aturkcan@kocaeli.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-5209-1117

Özet

İçten yanmalı bir motorda, yanmayı etkileyen birçok etken bulunmaktadır. Motorun çalıştığı ortamın hava koşulları, sıkıştırma oranı, kullanılan yakıt, silindir içerisindeki basınç ve sıcaklık bunlardan sadece birkaçıdır. Silindir içerisinde meydana gelen yanmada, her bir yakıt zerresinin oksijen molekülü ile kimyasal tepkimeye girmesi yanma verimini artırmada önemli rol oynamaktadır. Oluşturulacak olan iyi bir türbülans, hava ile yakıtın en ideal düzeyde karışmasını sağlayacaktır. Böylece yanmamış hidrokarbon oranları azalacak ve silindir içerisindeki basınç ve sıcaklık artacaktır. Türbülansı etkileyen en önemli faktör ise piston tasarımıdır. Piston yüzeyine verilecek olan iyi bir geometri, pistonun silindir içerisindeki hareketi esnasında hava-yakıt karışımına yön vererek güçlü bir türbülans oluşmasını sağlayacaktır. Dolayısıyla içten yanmalı bir motorda, yanmanın verimli bir şekilde gerçekleşmesi için doğru piston geometrisini kullanmak önem arz etmektedir. Bu çalışmada, direkt enjeksiyonlu bir HCCI motorda farklı piston tasarımları ve benzin-alkol karışımları için sonlu hacimler metodu kullanılarak yanma simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Yapılan simülasyonlarda, piston yüzey geometrisindeki değişimlerin ve benzin-alkol karışımlarının silindir içindeki basınç ve sıcaklığı değiştirdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Direkt Enjeksiyonlu HCCI Motor, Piston Tasarımı, Benzin-Alkol Karışımları, Sonlu Hacimler Metodu

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF PISTON DESIGN AND DIFFERENT FUEL MIXTURES ON COMBUSTION IN A DIRECT INJECTED HCCI ENGINE WITH FINITE VOLUME METHOD

Abstract

There are many factors affecting the combustion in an internal combustion engine. The air conditions of the environment in which the engine is running, the compression ratio, the fuel used, the pressure and temperature in the cylinder are just a few of them. During the combustion of the air-fuel mixture in the cylinder, enabling chemical reaction of each fuel particle with the oxygen molecule has an important role in increasing the combustion efficiency. A good turbulence in cylinder will provide the most ideal mixing of air and fuel. Therefore, the ratio of unburned hydrocarbons will decrease and the pressure and temperature inside the cylinder will increase. The most important factor affecting the turbulent mixing is the piston design. A well designed piston surface will provide a strong turbulence by directing the air-fuel mixture during the movement of the piston in the cylinder. Therefore, in an internal combustion engine, it is important to use the correct piston geometry for an efficient combustion. In this study, combustion simulations were performed using finite volume method for different piston designs and gasoline-alcohol mixtures in a direct injection HCCI engine. In simulation results, it was seen that the changes on piston surface geometry and using gasoline-alcohol mixtures changed pressure and temperature in the cylinder.

Keywords: Direct Injection HCCI Engine, Piston Design, Gasoline-Alcohol Mixtures, Finite Volume Method.

1. GİRİŞ

İçten yanmalı bir motorda, yanmayı etkileyen birçok etken bulunmaktadır. Sıkıştırma oranı, kullanılan yakıt, silindir içerisindeki basınç ve sıcaklık gibi etkenlerin yanında piston tasarımı da yanmayı etkileyen önemli bir parametredir. Piston geometrisi ile hava-yakıt karışımının yanması ve emisyon oranları arasında çok yakın bir ilişki vardır [1]. Piston geometrisi, silindir içindeki havanın ve yakıtın hareketinde önemli rol oynamaktadır. Piston geometrisinden geliştirilen yüksek türbülans oranı daha iyi hava-yakıt karışımı üretebilmektedir [2]. Böylece yanmamış hidrokarbon oranları azalacak ve silindir içerisindeki basınç ve sıcaklık artacaktır. Dolayısıyla içten yanmalı bir motorda, yanmanın verimli bir şekilde gerçekleşmesi için doğru piston geometrisini kullanmak önem arz etmektedir. Prasad ve arkadaşları [3], girintili yanma odası geometrisindeki hava-yakıt karışımını ve türbülansı inceleyebilmek için üç boyutlu CFD simülasyonları üzerinde çalışmışlardır. Payri ve arkadaşları [4], beş farklı tipte piston geometrisi oluşturmuş ve test sonuçlarını CFD analizleriyle doğrulamışlardır. Piston geometrisindeki radyusun, üst ölü noktaya olan yakıt akışı için önemli rol oynadığını gözlemlemişlerdir. CFD analizi, daha yüksek performans ve daha az emisyon sağlayacak piston tasarımları yapabilmek için kolaylıklar sunmaktadır.

Bu çalışmada, direkt enjeksiyonlu bir HCCI motorda farklı piston tasarımları ve benzin-alkol karışımları için sonlu hacimler metodu kullanılarak yanma simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Yapılan simülasyonlarda, piston yüzey geometrisindeki değişimlerin ve benzin-alkol karışımlarının silindir içindeki basınç ve sıcaklığı değiştirdiği görülmüştür.

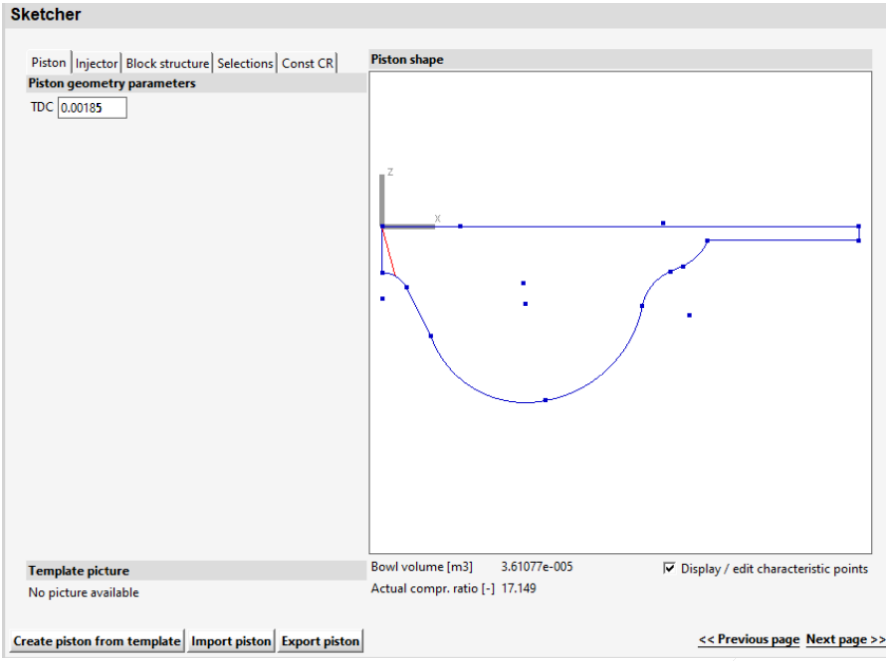
2. MATERYAL VE METOD

Simülasyonlarda 6 farklı piston tasarımı kullanılmıştır. Piston çanağı geometrileri, Siemens NX 12 programında tasarlanmıştır. Tasarlanan piston çanağı geometrileri, 2D olarak Şekil1.'de görüldüğü gibi AVL FIRE programının ESE Diesel modülü içerisine import edilmiştir.

Yanma simülasyonları, AVL FIRE programında yapılmış olup tek silindirli HCCI motorun modellenmesinde ESE Diesel modülü kullanılmıştır. Simülasyon giriş parametleri için Super Star 7716 model dizel motoru referans alınmış olup, teknik özellikleri Tablo1.'de yer almaktadır.

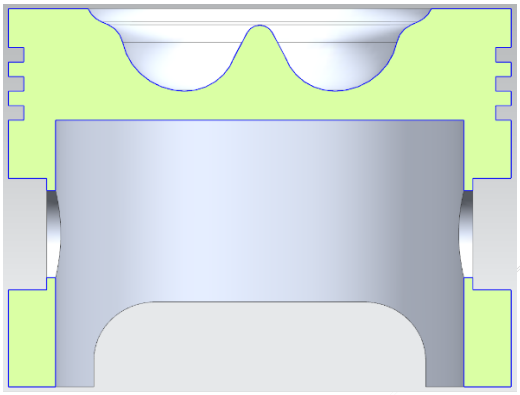
Tablo1. Motorun teknik özellikleri

Motor	**Super Star 7716 Model Dizel Motor**
Tipi	DI, doğal emişli, 4 zamanlı, su soğutmalı
Silindir sayısı	1
Silindir hacmi	770 cm^3
Kurs boyu	100 mm
Sıkıştırma oranı	17:1
Emme supabı açılması	ÜÖN'dan 22° önce
Emme supabı kapanması	AÖN'yı 60° geçe
Egzoz supabı açılması	AÖN'dan 66° önce
Egzoz supabı kapanması	ÜÖN'yı 16° geçe

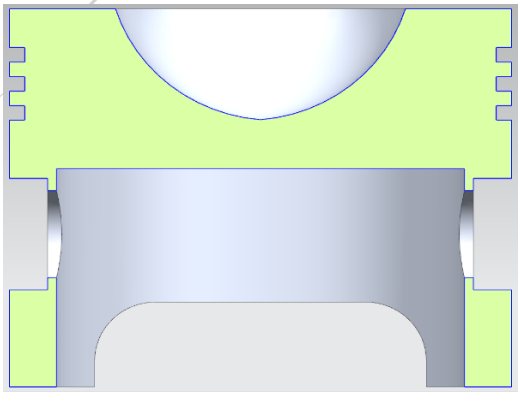


Şekil1. 2D piston çanağı geometrisi

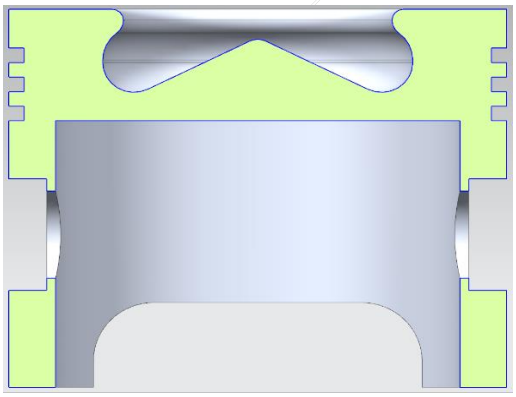
Simülasyonlarda kullanılan piston çanağı geometrileri Şekil2.'de yer almaktadır.



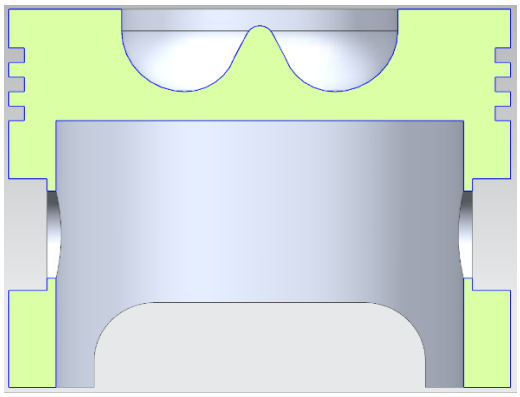
KPÇG



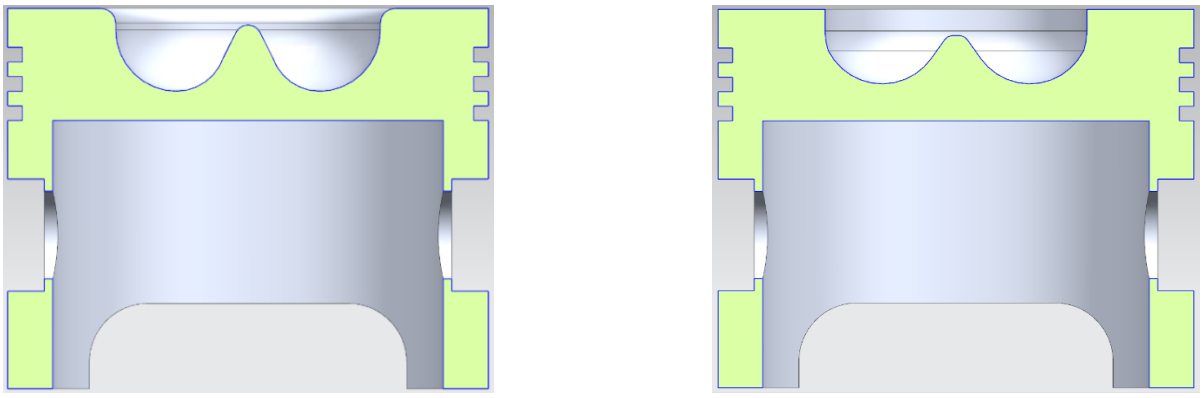
YKPÇG



HGPÇG



DKPÇG



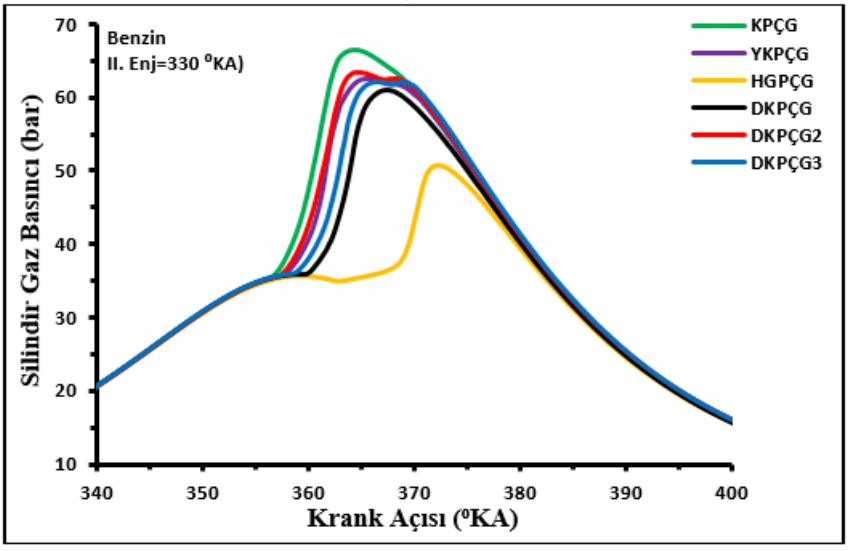
DKPÇG2 DKPÇG3

Şekil2. Piston çanağı geometrileri

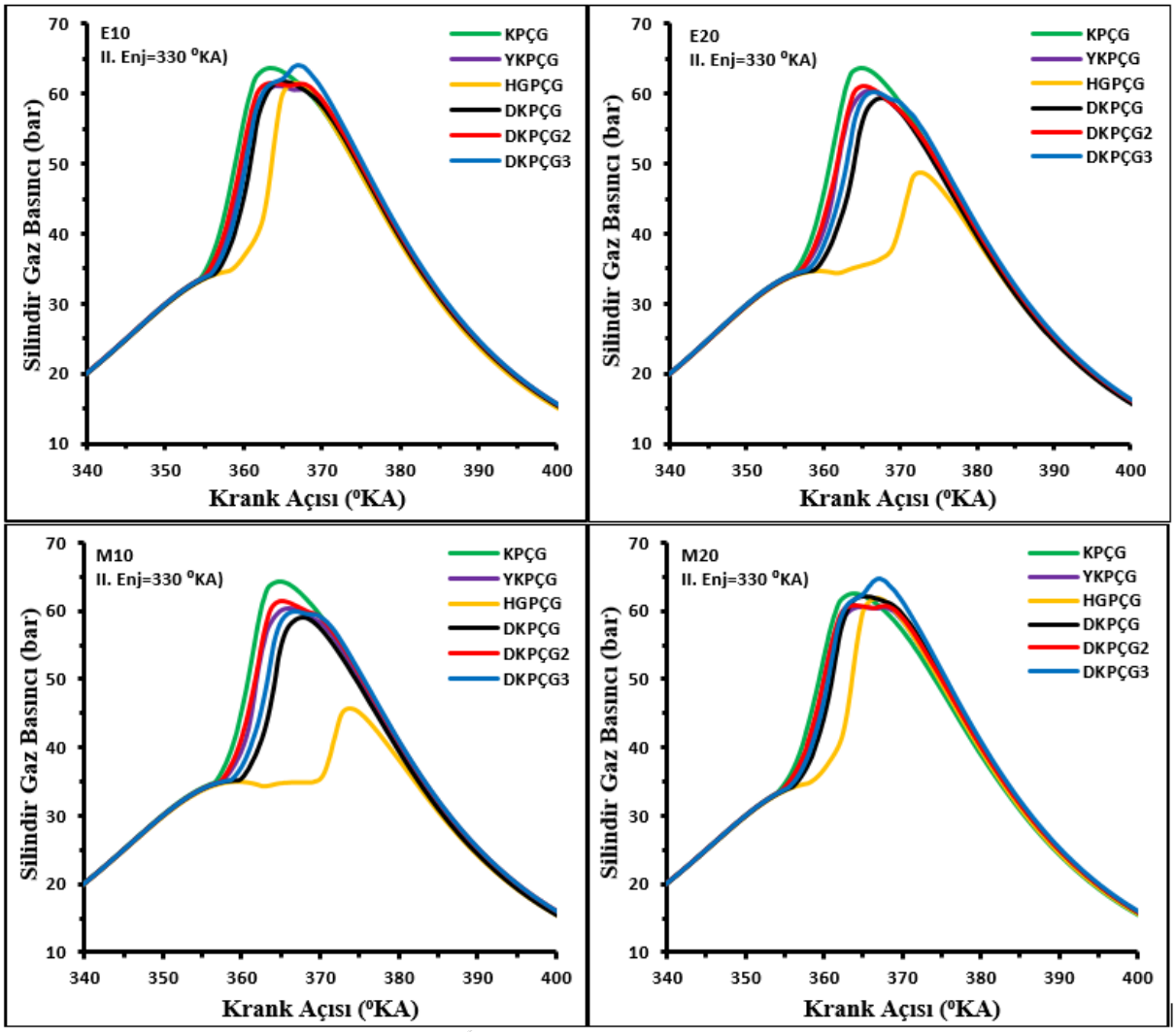
Simülasyonlar 1100 devir/dk motor devrinde çalıştırılmıştır. Simülasyonların başlangıç değeri olarak emme supaplarının kapandığı yani AÖN'yi 60° geçe: 240 °KA ve bitiş değeri olarak da egzoz supaplarının açıldığı yani AÖN'den 66° önce: 114 °KA girilmiştir. İkinci enjeksiyon zamanı 335 °KA'da gerçekleştirilmiş olup her bir piston geometrisi için STB, E10, E20, M10 ve M20 yakıtları kullanılmıştır. Simülasyonlar, 45º'lik silindir diliminde gerçekleştirildiği için püskürtülecek yakıt miktarı 8'e bölünerek 0.49 mg olarak hesaplanmış ve programa bu şekilde girilmiştir. Isıl sınır koşulları için sıcaklık seçilmiştir. Piston için duvar sıcaklığı 460 K, silindir gömleği için 430 K ve silindir kapağı için 450 K olarak girilmiştir.

3. SONUÇ

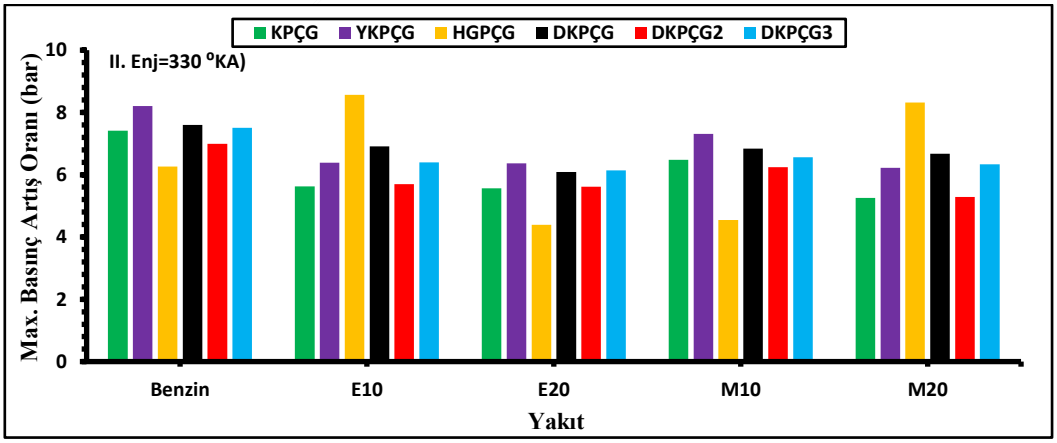
Simülasyonlar sonucunda her bir piston çanağı geometrisi için silindir gaz basıncı, ısı dağılımı ve maksimum basınç artış oranı değerleri elde edilmiştir.



Şekil3. II. enjeksiyon zamanı benzin yakıtı için silindir gaz basıncı grafiği



Şekil4. II. enjeksiyon zamanı benzin-alkol karışımı yakıtları için silindir gaz basıncı grafikleri



Şekil5. II. enjeksiyon zamanı maksimum basınç artış oranı grafiği

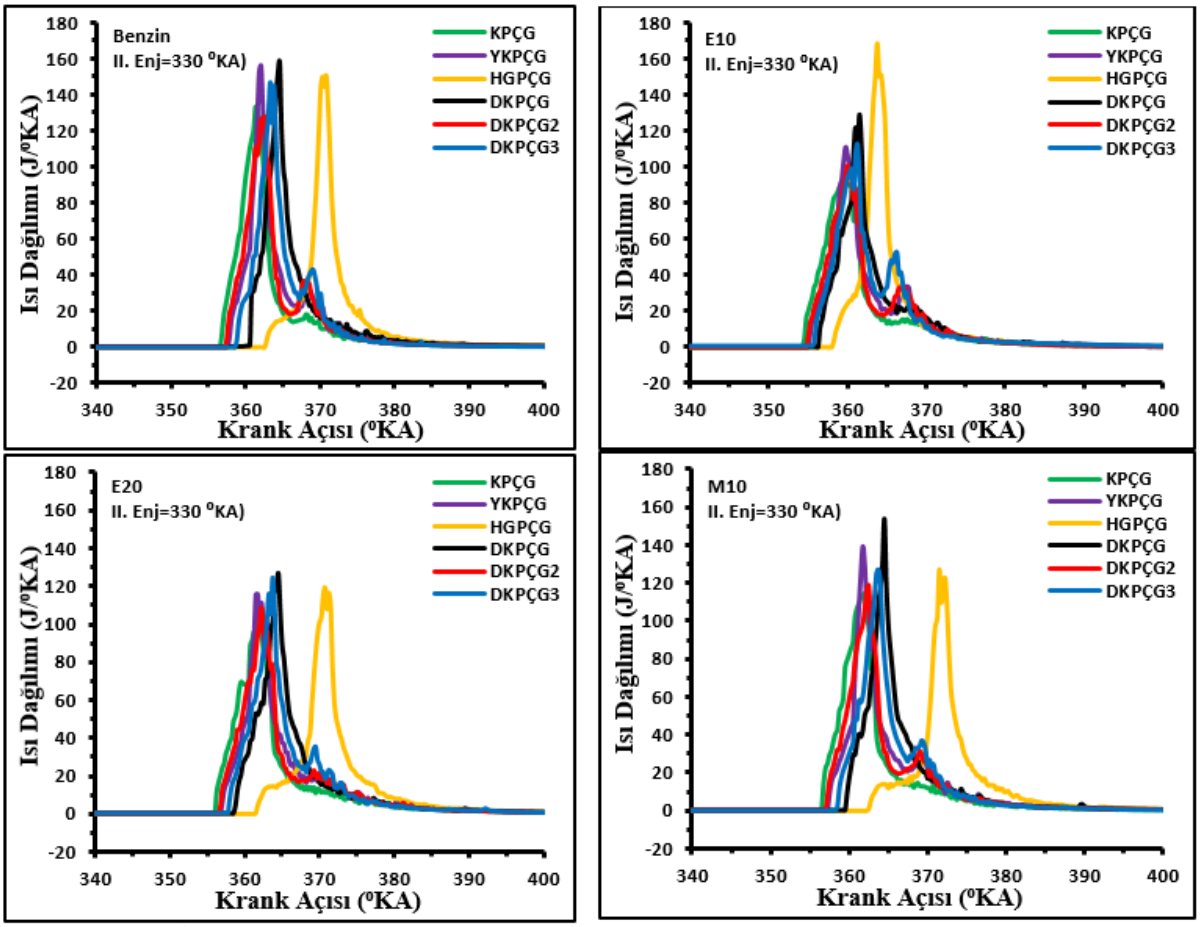
3.1. Silindir Gaz Basıncı

Maksimum silindir basıncının STB, E20 ve M10 yakıtları için KPÇG'de, E10 ve M10 yakıtları için DKPÇG3'de olduğu görülmüştür. Maksimum basınç artış oranlarının ise STB, E20 ve M10 yakıtları için YKPÇG'de, E10 ve M20 yakıtları için HGPÇG'de elde edildiği görülmüştür. YKPÇG, benzer koşullar altında HGPÇG'ye göre silindir gaz basınçlarının yüksek olması sebebiyle daha iyi çalışma sağlamıştır

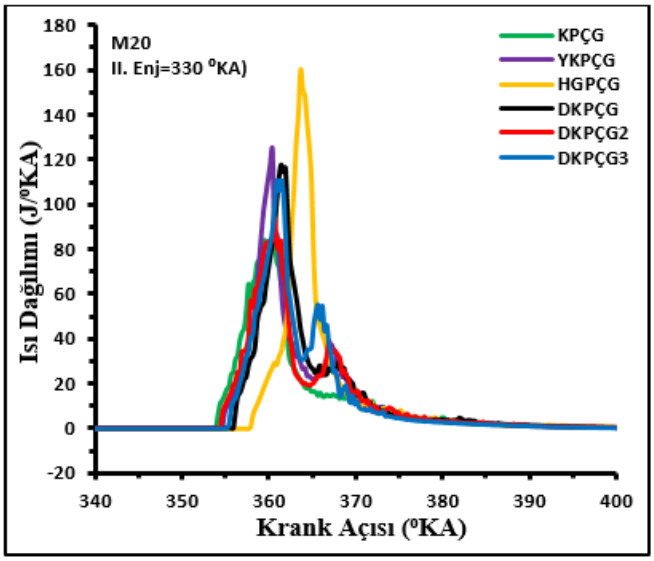
[5]. Bu durum, yanma odasındaki havanın gelişmiş girdap hareketine sahip olmasıyla açıklanabilir ve bu da yanmanın daha iyi olmasını sağlar. [6]. DKPÇG ve DKPÇG2 tasarımları karşılaştırıldığında piston geometrisine verilen radyusun ÜÖN'ya olan yakıt akışı için önemli rol oynadığı dolayısıyla maksimum basıncın bu geometrilerde daha fazla olduğu görülmektedir.

3.2. Isı Dağılımı

Maksimum ısı dağılımının STB, E20 ve M10 yakıtları için DKPÇG'de, E10 ve M20 yakıtları için HGPÇG'de olduğu görülmüştür. Bunun nedeni, sıkıştırma sırasında hava ve yakıtın homojen bir şekilde karıştırılmasıyla artan kimyasal reaksiyon sayesinde daha yüksek türbülans elde edilmesidir [7]. HGPÇG tasarımı dışında, aynı geometrik tasarımlar için bakıldığında, benzin-alkol karışımlarının STB'ye göre ısı dağılımlarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, STB yakıtının ısıl değerinin diğer yakıtlara oranla daha yüksek, viskozitesinin ise daha düşük olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil6. II. enjeksiyon zamanı STB, E10, E20 ve M10 yakıtları için ısı dağılımı grafikleri



Şekil7. II. enjeksiyon zamanı M20 yakıtı için ısı dağılımı grafiği

4.TARTIŞMA

Direkt enjeksiyonlu bir HCCI motorda 6 farklı piston çanağı geometrisinin kullanılarak yapılan simülasyon sonuçları incelendiğinde;

- Bu çalışma, farklı piston çanağı geometrilerinin silindir gaz basıncını ve ısı dağılımını büyük ölçüde etkilediğini açıkça ortaya koymuştur.
- Piston geometrisine verilen radyus faktörü, direkt enjeksiyonlu HCCI motorlarda türbülans oluşumunda önemli bir rol oynamıştır.
- Yakıt bileşenlerinin tamamı için tüm grafikler incelendiğinde DKPÇG iyi bir çalışma sağlamıştır.
- HGPÇG'nin yüzeylerine yakıt teması diğer piston çanağı geometrilerine göre fazla olduğundan dolayı yakıt yeterli yanma sıcaklığına ulaşamamıştır.

Sümülasyon sonuçlarından elde edilen veriler kıyaslama amacıyla gerçekleştirilmiş olup ileriki çalışmalarda deneysel bulgular ile pekiştirilmesi hedeflenmektedir.

5. KISALTMALAR

KPÇG: Kademeli Piston Çanağı Geometrisi
YKPÇG: Yarım Küre Piston Çanağı Geometrisi
HGPÇG: Halka Girintili Piston Çanağı Geometrisi
DKPÇG: Dikey Kenarlı Piston Çanağı Geometrisi
DKPÇG2: Dikey Kenarlı Piston Çanağı Geometrisi2
DKPÇG3: Dikey Kenarlı Piston Çanağı Geometrisi3
STB: Standart Benzin
E10: %10 Etanol + %90 Standart Benzin
E20: %20 Etanol + %80 Standart Benzin
M10: %10 Metanol + %90 Standart Benzin
M20: %20 Metanol + %80 Standart Benzin
AÖN: Alt Ölü Nokta
ÜÖN: Üst Ölü Nokta

KAYNAKÇA

[1] Li J, Yang W M, An H, Maghbouli A and Chou S K (2014) Effects of piston bowl geometry on combustion and emission characteristics of biodiesel fueled diesel engines. *Fuel* 120: 66–73
[2] Fuchs T R and Rutland C J (1998) Intake flow effects on combustion and emissions in a diesel engine (No. 980508). In: *SAE Technical Paper*
[3] Prasad B V V S U, Sharma C S, Anand T N C and Ravikrishna R V (2011) High swirl-inducing piston bowls in small diesel engines for emission reduction. *Applied Energy* 88(7): 2355–2367
[4] Payri F, Benajes J, Margot X and Gil A (2004) CFD modeling of the in-cylinder flow in direct-injection diesel engines. *Computers & Fluids* 33(8): 995–1021

[5] Sharma T K, Rao P A, Murthy M (2015) Influence of Piston Bowl Shape on Flow and Combustion Characteristics in HCCI engine-A CFD study, *International Conference on New Frontiers in Chemical, Energy and Environmental Engineering*
[6] Henein N A, Bhattacharyya A, Schipper J, Kastury A and Bryzik W (2006) Effect of injection pressure and swirl motion on diesel engine-out emissions in conventional and advanced combustion regimes (No. 2006-01-0076). In: *SAE Technical Paper*
[7] Channappagoudra M, Ramesh K, Manavendra G (2018) Comparative study of standard engine and modified engine with different piston bowl geometries operated with B20 fuel blend. *Renewable Energy* 31211-4 S0960-1481

EFFECTS OF *PEGANUM HARMALA*, A MEDICINAL PLANT, ON AGGREGATION PROPERTIES OF THE PROBIOTIC BACTERIUM *LACTOBACILLUS RHAMNOSUS*

Özlem Deniz Çulcu
Bartın University, Faculty of Science, Department of Molecular Biology and Genetics, Bartın, Turkey

Hasan Ufuk Celebioglu
Bartın University, Faculty of Science, Department of Biotechnology, Bartın, Turkey
ufukcelebioglu@gmail.com

Abstract
Peganum harmala, commonly called wild rue, Syrian rue, African rue, esfand, or harmel, and "üzerlik" in Turkish, is a perennial, herbaceous plant, with a woody underground root-stock, of the family Nitrariaceae, usually growing in saline soils in temperate desert and Mediterranean regions. Its use as folk medicine is popular in Middle East and North Africa, and it has been used as analgesic. *Peganum harmala* appears to have two main chemical components. These are beta-carboline and quinazoline group alkaloids, especially harmine, harmaline, and harman. In traditional medicine, P. harmala has been used in certain nervous system disorders such as Parkinson's disease, psychiatric treatments and analgesics in various fields. The positive effects of *Peganum harmala* on more than one system, especially the nervous and immune systems, are known. *Lactobacillus rhamnosus* produce substances such as acetic acid and lactic acid that reduce the pH in the intestine and thus gain antibacterial properties by inhibiting the proliferation of pathogenic microorganisms. Compounds of plant origin interact with microorganisms in the intestine and can affect each other positively or negatively. Thus, the aim of this study is to investigate the effects of P. harmala (üzerlik), which positively affects human health, on the probiotic bacterium *Lactobacillus rhamnosus GG*. The results showed that the ethanol extract of this plant did not show any inhibitory effect on the probiotic, but affected the auto-aggregation, which is an indication for mucus adhesion, in a dose-dependent manner. Mucus adhesion is important feature for probiotics to colonize and reside in gastrointestinal tract so that they can better exert their health benefits to the host. Furthermore, the extract reduced the co-aggregation of *L. rhamnosus* with *E. coli* and *S. aureus*. Co-aggregation is important for inhibition of the pathogens by probiotics. In conclusion, medicinal plants could have additional effects on probiotic bacteria, despite their direct impacts on the host health.

Keywords: Auto-aggregation, Co-aggregation, *Lactobacillus*, Medicinal plants, *Peganum harmala*, Probiotics.

1. Introduction

Peganum harmala is a perennial herbaceous and hemicryptophyte plant that becomes inactive in winter but blooms again the following spring (Davison, Jay, Wargo, Mike 2001). Its flowers are white or yellowish (Ghafoor and Abdul 1974). Flowers are hermaphrodites, which means that they can have both male and female organs and self-fertilize (Hassanı Lalla Mina Idrissi, El Hadeck Miloud 1999). The nectar rate in flowers is very low. Nectar, rich in hexose, also contains a small concentration of amino acids, such as tyrosine, proline, and glutamic acid. It also contains a high concentration of (four) alkaloids, including harmalol and harmine toxins. The concentrations of alkaloids in nectar are different compared to other parts of the plant (Movafeghi, Ali et al, 2009). *Peganum harmala* has been used as an analgesic (Farouk L, et.al., 2008), emmenagogue and abortion agent (Monsef, H.R. et al., 2004). It has been used to kill body lice in a specific part of India (Chopra, R.N. el al., 1956). It is also known to be used as an anthelmintic (to remove parasitic worms). According to reports the ancient Greeks used powdered seeds to get rid of tapeworms possible for malaria and to treat relapses (Panda H 2000).



Figure 1. *Peganum harmala*

Probiotics are generally beneficial bacteria for the intestinal flora. They are living microorganisms that are thought to provide health benefits when consumed (National Health Service.27 November 2018.). What we eat and drink interact with our intestinal flora and contain properties that can affect our mood, immune system, gut health and quality of life (Çakır and Çakmakçı, 2004). The characteristics of probiotic Bacteria depend on the strain before the species. Strains secrete some substances (organic acid, bacteriocin, hydrogen peroxide) and they prevent the growth of pathogenic microorganisms that can harm the host organism by means of these substances. Hydrolyzing enzymes increase the activity of free and short-chain fatty acid, propionic acid, lactic acid and butyric acid, thus causing a decrease in the pH of the intestinal surface, the decrease in pH adds antibacterial activity to the environment by inhibiting pathogen microorganisms (Ouwehand at al., 1999). A few of the most common microorganisms found in the intestinal flora are *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Streptococcus* (Coşkun, 2012; Arslan Yağcı, 2012). More specifically, *L. rhamnosus* is the most abundant bacterial species in the intestinal flora that inhibits pathogenic microorganisms (Fuller,1989). In supporting some microorganisms in the flora, the flora has a strengthening effect on the immune system, but also produces lactic acid (Coşkun, 2012).

Plant-based compounds taken into the body interact with beneficial bacteria in the human digestive system. This study is to investigate the in vitro interaction between *Peganum harmala* and probiotic. For this purpose, *L. rhamnosus GG* bacteria were grown in the presence of different concentrations of *Peganum harmala* and Peganum harmala effects on bacterial growth.

Growth kinetics, autoaggregation and coaggregation were investigated.

2. Material and Method

2.1. *Peganum harmala* Isolation

5 g of Peganum blend were extracted in 100 ml of ethanol.

2.2. Growth of probiotic bacteria and bacterial growth kinetics in the presence of *Peganum harmala*

Lactobacillus rhamnosus GG, which are kind gifts of Chr. Hansen, Turkey, were grown in Man, Rogosa and Sharpe (MRS) medium without shaking, at 37ºC (Celebioglu, Delsoglio, Brix, Pessione, & Svensson, 2018). The bacteria were treated with *Peganum harmala*. *Peganum harmala* was not added to the control group (MRS only), and 2,5 µg/mL, 5 µg/mL, 10 µg/mL and 20 µg/mL *Peganum harmala* was added to the treated groups in MRS medium. Bacterial optical density was determined by densitometry. Reading the densitometry every four hour, the effects of *Peganum harmala* on bacterial growth were investigated.

2.3. Probiotic Auto-Aggregation

Bacterial cells were collected in the stationary phase (3200xg, 15 min), washed with PBS and re-suspended in PBS to OD600 0.5 (Kos et al., 2003). Auto-aggregation was determined by adding 4 mL of bacterial suspensions to the test tubes after vortex for 10 sec. for one hour-incubation at room temperature. After incubation, 100 µL of suspension was taken, added to the tube containing 900 µL of PBS, and the absorbance was measured at 600 nm. The percentage of auto-aggregation was calculated with the formula

$$\% \, Autoaggreg \, ation = (1 - \frac{At}{A0}) \times 100$$

where At is the absorbance measured after incubation and A0 is the absorbance measured at 0th hour (Kos et al., 2003).

2.4. Probiotic Co-Aggregation

The communities formed by microorganisms belonging to different species attached to each other are called coaggregation (Kos et al., 2003). For this, the effects of probiotic bacteria on coaggregation with *E. coli* and *S. aureus* bacteria, which are also pathogen strains, and co-aggregation with *Peganum harmala* determined. *L. plantarum* bacteria grown with control and *Peganum harmala* and centrifuged and washed with PBS and suspended in PBS will be grown in Nutrient Broth, centrifuged, washed with PBS and suspended in PBS again. It will be mixed with *E. coli* and *S. aureus* bacteria and measurements for co-aggregation will be performed in the spectrophotometer.

2.5. Statistical Analysis

Every experiments were performed with at least three replicates and the results were expressed as mean ± Standard deviation and compared using Students's t-test. $p<0.5$ was considered as statistically significant.

3. Results and Discussion

3.1. Bacterial Growth Kinetics

Peganum harmala was used in this study at concentrations of 0, 2.5, 5, 10 and 20 µg/mL. The purpose of using in different concentrations is to determine the effect of the plant extract depending on the dose. Increasing the effectiveness of probiotic bacteria in the intestine and positively affecting their development means that this extract will be beneficial. *Peganum harmala* showed a statistically significant increase on *L. rhamnosus GG*. It is important that such compounds have a positive effect. It has the growth of beneficial microorganisms and antibacterial activities against pathogenic bacteria. Thus, this compound can affect useful bacteria.

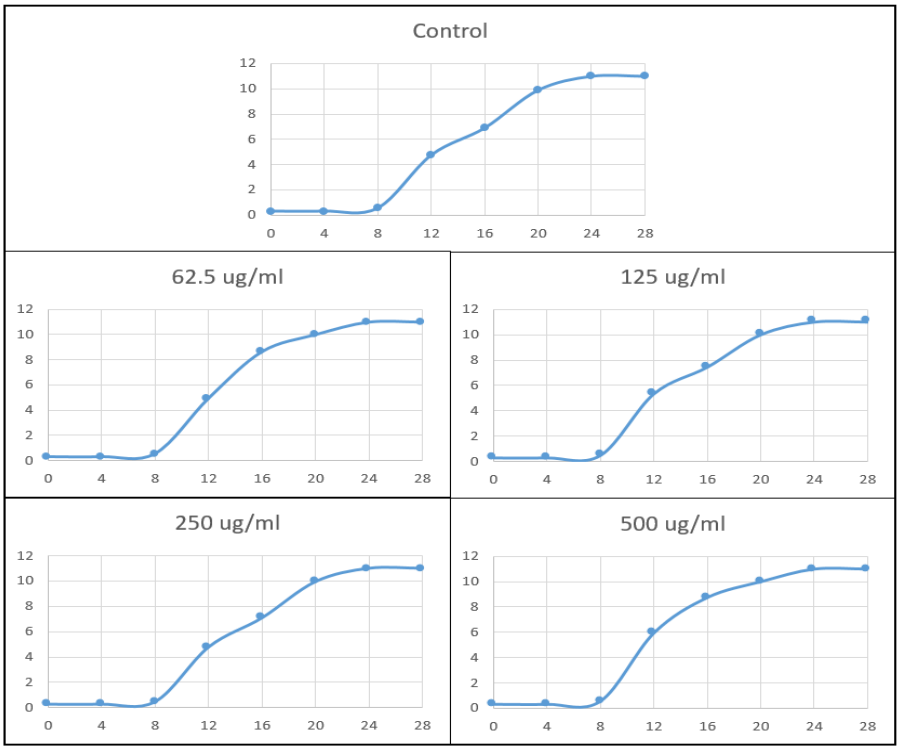


Figure 2. Effects of different concentrations of *Peganum harmala* on growth kinetics of probiotic bacteria.

3.2. Bacterial Auto-Aggregation

Bacterial aggregation is of great importance for the attachment of probiotic bacteria to the intestinal surface (mucosa) (Etzold et al., 2014). High clumping is an indication of better adhesion. Better adhesion of probiotic bacteria is beneficial for intestinal flora. The more probiotic bacteria adhered to the intestinal surface, the harder it is for pathogenic bacteria to adhere. When auto-aggregation of bacteria was examined (Figure 3), different values were observed in the auto-aggregation of *Lactobacillus rhamnosus* depending on the concentrations.

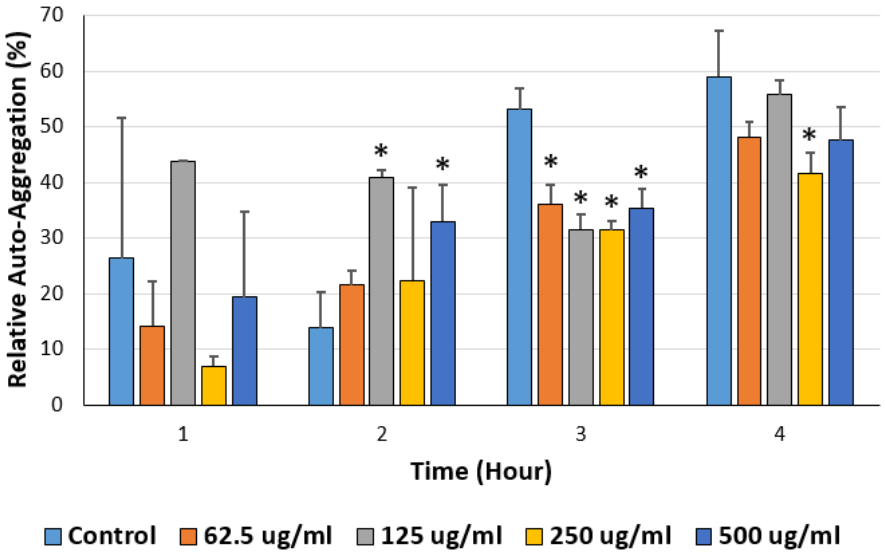


Figure 3. Effects of different concentrations of *Peganum harmala* on probiotic auto-aggregation. Asterisks (*) indicate $p<0.05$, when compared to control.

3.3. Bacterial Co-Aggregation

Mucus adhesion is important feature for probiotics to colonize and reside in gastrointestinal tract so that they can better exert their health benefits to the host. Whether the food taken from outside has a positive effect on the intestine can be understood from its effect on probiotic bacteria. This is a good result if the food taken from the outside increases the effectiveness of probiotic bacteria that adhere to the intestinal surface. If it increases the activity of pathogenic bacteria on the intestinal surface, this is a bad result. Furthermore, the extract reduced the co-aggregation of *L. rhamnosus* with *E. coli* and *S. aureus*. Co-aggregation is important for inhibition of the pathogens by probiotics.

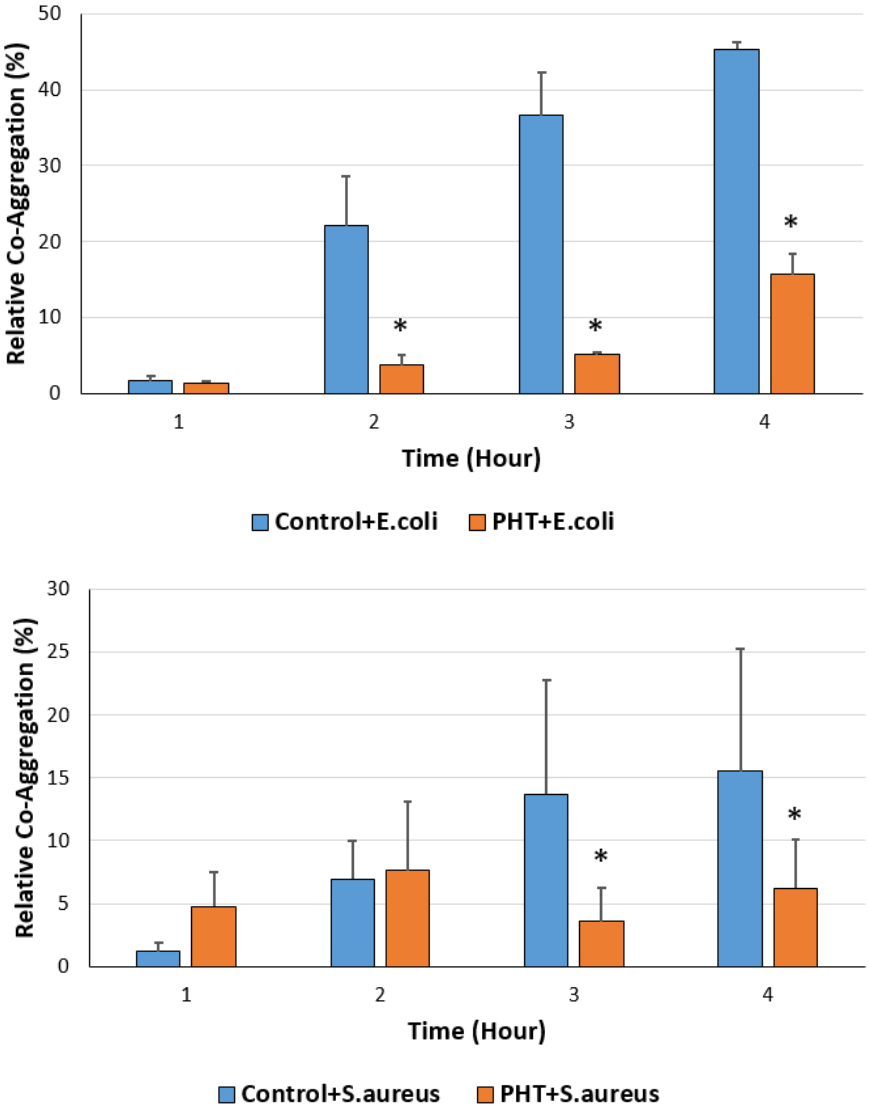


Figure 4. Effects of different concentrations of *Peganum harmala* on probiotic co-aggregation. Asterisks (*) indicate $p<0.05$, when compared to control.

4. Conclusions and Recommendations

The results showed that the ethanol extract of this plant did not show any inhibitory effect on the probiotic, but affected the auto-aggregation, which is an indication for mucus adhesion, in a dose-dependent manner. Mucus adhesion is important feature for probiotics to colonize and reside in gastrointestinal tract so that they can better exert their health benefits to the host. Furthermore, the extract reduced the co-aggregation of *L. rhamnosus* with *E. coli* and *S. aureus*. Co-aggregation is important for inhibition of the pathogens by probiotics. In conclusion, medicinal plants could have additional effects on probiotic bacteria, despite their direct impacts on the host health.

4. Acknowledgements

The authors thank to Chr. Hansen for the probiotic strain *Lactobacillus acidophilus* GG.

REFERENCES

Arslan N, Yağcı RV, 2012. Normal Bağırsak Florası ve Beslenme ile İlişkisi. Turkiye Klinikleri J Pediatr Sci. 2012;8(3):12-8

Çakır İ, Çakmakçı MA. Probiyotikler: tanımı, etki mekanizması, seçim ve güvenilirlik kriterleri. Gıda 2004;29:427-34

Celebioglu HU, Delsoglio M, Brix S, Pessione E, Svensson B. 2018. Plant Polyphenols Stimulate Adhesion to Intestinal Mucosa and Induce Proteome Changes in the Probiotic Lactobacillus acidophilus NCFM, Molecular Nutrition & Food Research, 62 (4): 1-11.

Chopra, Ram Nath; Chopra, Ishwar Chander; Nayar, S. L. (1956). Glossary of Indian Medicinal Plants. New Delhi: Council of Scientific and Industrial Research.

Coşkun T, 2012. Probiyotikler, Genel Özellikleri ve Etki Mekanizmaları. Turkiye Klinikleri J Pediatr Sci. 2012;8(3):1-11

Dodoens, Rembert (1554). Des Cruydboeks (in Dutch). Antwerp: J. Van der Loe. Pp. 128–131.

Etzold, S., Kober, O. I., Mackenzie, D. a, Tailford, L. E., Gunning, a P., Walshaw, J., … Juge, N. (2014). Structural basis for adaptation of lactobacilli to gastrointestinal mucus. Environmental Microbiology, 16(3), 888–903. https://doi.org/10.1111/1462-2920.12377

Farouk L, Laroubi A, Aboufatima R, Benharref A, Chait A (February 2008). "Evaluation of the analgesic effect of alkaloid extract of Peganum harmala L.: possible mechanisms involved". J Ethnopharmacol. 115 (3): 449–54.

Fijan S. Microorganisms with claimed probiotic properties: an overview of recent literature. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2014;11(5):4745-4767.

Guarner F, Khan AG, Garisch J, et al. World Gastroenterology Organisation Global Guidelines. Probiotics and Prebiotics. October 2011. Journal of Clinical Gastroenterology. 2012;46(6):468–481.

HASSANI Lalla Mina Idrissi, EL HADECK Miloud - Analyse de la composition de l'huile de Peganum harmala L. (Zygophyllaceae). - 1999, p. 353- 359 - Départ./Région : , Acta Botanica Gallica, 1, Tome 146 - Fascicule 4

Kos, B., Susković, J., Vuković, S., Simpraga, M., Frece, J., & Matosić, S. (2003). Adhesion and aggregation ability of probiotic strain Lactobacillus acidophilus M92. Journal of Applied Microbiology, 94(6), 981–987. Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12752805

Markowiak, P.; Slizewska, K. Effects of probiotics, prebiotics, and synbiotics on human health. Nutrients 2017, 9, 1021.

Monsef, Hamid Reza; Ali Ghobadi; Mehrdad Iranshahi; Mohammad Abdollahi (19 February 2004). "Antinociceptive effects of Peganum harmala L. Alkaloid extract on mouse formalin test" (PDF). J Pharm Pharmaceut Sci. 7 (1): 65–9.

Movafeghi, Ali; Abedini, Masumeh; Fatemeh, Fathiazad; Aliasgharpour, M.; Omidi, Y. (15 February 2009). "Floral nectar composition of Peganum harmala L". Natural Product Research. 23 (3): 301–308.

National Center for Complementary and Integrative Health, US National Institutes of Health. 1 August 2019. Retrieved 10 November 2019.

Ouwehand AC, Kirjavainen, PV, Shortt C, Salminen S. 1999. Probiotics: mechanisms and established effects. International Dairy Journal 9(1): 43-52

Panda H (2000). Herbs Cultivation and Medicinal Uses. Delhi: National Institute of Industrial Research. P. 435.

Vaughan RB (July 1965). "The romantic rationalist: A study of Elie Metchnikoff". Medical History. 9 (3): 201–15.

Zutshi, U.; Rao, P. G.; Soni, A.; Gupta, O. P.; Atal, C. K. (December 1980). "Absorption and distribution of vasicine a novel uterotonic". Planta Medica. 40 (4): 373–377.

FİBER TAKVİYELİ POLİMER MATRİSLİ KOMPOZİTLERİN LAZER ABLASYONU

Orkan Baran KORKUSUZ*
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Makine Mühendisliği Bölümü
ORCID ID: 0000-0002-3248-2249
barankorkusuz96@gmail.com

Tamer SINMAZÇELİK
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Makine Mühendisliği Bölümü
ORCID ID: 0000-0002-3276-5820
tamersc@yahoo.com

Özet

Fiber takviyeli polimer matrisli kompozitlerin geleneksel yöntemlerle işlenmesinde çeşitli sakıncalar ve limitler söz konusudur. Fiber-matris ara yüzey deformasyonları, fiberlerin kırılması, delaminasyonların oluşması gibi kusurlar ortaya çıkabilmektedir. Bu kusurlar malzemelerin statik ve dinamik özelliklerini oldukça kötü etkilemektedir. Başta yorulma dayanımı olmak üzere zaman içerisinde malzemelerin hasar görmeleri söz konusu olabilmektedir. Bu açıdan mikro ölçekli fonksiyonel yüzeyler oluşturmada geleneksel yöntemler yetersiz kalmaktadır. Lazer ile malzemelerin işlenmesi bu alanda ön plana çıkan popüler konulardan biridir.

Odaklanmış ve tutarlı bir ışın olan lazer ileri endüstriyel uygulamalarda malzemelerin işlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Lazerin yarattığı yüksek enerji yoğunluğundan dolayı katı haldeki malzemenin çok hızlı bir şekilde buhar fazına geçmesi mekanik hasarlar olmaksızın malzemelerin işlenmesine imkan vermektedir. Bununla birlikte lazer etkileşimi sonucunda oluşan ısıdan etkilenen bölgenin mümkün olan en düşük seviyeye indirilmesi gerekilmektedir. Lazer ve malzeme parametreleri proses kalitesinde oldukça önem arz etmektedir. Uygun lazer parametreleriyle çalışılması durumunda mikronlar mertebesinde, tekrarlanabilir, yüksek kalitede fonksiyonel yüzeyler oluşturmak mümkündür. Lazer parametrelerinin uygun ayarlanamaması halinde de malzeme kaybı ve istenen geometrinin oluşturulamaması gibi sonuçlar da söz konusudur.

Çalışma kapsamında karbon fiber takviyeli PEEK malzemede yüzey dokusu oluşturuldu. Malzeme üzerine 4 farklı enerji ve 5 farklı atım süresinde Nd:YAG darbeli lazer ile lazer ışını gönderildi. Oluşan çukurcuklar üzerinde stereo mikroskop ve optik profilometre aracılığıyla ölçümler yapıldı. Matris erimesi, ablasyon oranı, dairesellik ve derinlik/çap oranı sonuçları hesaplandı. Isıdan etkilenen bölge lazer malzeme etkileşim süresi ile ilişkili olduğundan dolayı daha kısa atım sürelerinde çalışılması ısıdan etkilenen bölgeyi sınırlandırmıştır. Deneyler sonucunda lazer mekanizmasının çalışma prensibini anlamaya yönelik çıkarımlar yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Karbon Elyaf, Kompozit, Lazer Ablasyonu, Poli(eter-eter-keton) (PEEK), Yüzey Dokusu.

LASER ABLATION OF FIBER REINFORCED POLYMER MATRIX COMPOSITES

Abstract

There are various drawbacks and limitations in the machining of fiber reinforced polymer matrix composites with traditional methods. Defects such as fiber-matrix interface deformations, breakage of fibers, formation of delaminations can occur. These defects affect the static and dynamic properties of the materials very badly. Materials may be damaged over time, especially in fatigue strength. In this respect, traditional methods are insufficient in creating micro-scale functional surfaces. Laser machining is one of the popular topics in this field.

Laser, a focused and coherent beam, is widely used in advanced industrial applications for machining materials. The rapid transition of material from solid state to the vapor phase due to the high energy

density created by the laser allows the materials to be machined without mechanical damages. However, the heat affected area generated as a result of laser interaction should be minimized as possible. Laser and material parameters are very important in process quality. In case of working with appropriate laser parameters, it is possible to create reproducible, high quality functional surfaces at micron levels. If the laser parameters cannot be adjusted properly, there are also bad consequences such as loss of materials and failure to create the desired geometries.

Within the scope of the study, a surface texture was created in carbon fiber reinforced PEEK. A laser beam sent on the material by Nd:YAG pulsed laser at four different energies and five different pulse durations. Measurements were made on the formed cavities by means of a stereo microscope and optical profilometer. Matrix melting, ablation rate, circularity and aspect ratio result were calculated. Since the heat affected zone is related to the laser material interaction time, working with shorter pulse times limited the HAZ. As results of the experiments, inferences were made to understand the working principle of the laser mechanism.

Keywords: Carbon Fiber, Composite, Laser Ablation, Poly(ether-ether-ketone) (PEEK), Surface Texture.

1. GİRİŞ

Karbon elyaf takviyeli polimer matrisli kompozitler yüksek mukavemet/ağırlık oranları sebebiyle otomotiv, havacılık ve enerji enstitüsü gibi yüksek mukavemetin, hafifliğin ve korozyon direncinin önemli olduğu ileri uygulamalarda yaygın olarak tercih edilmektedir. Zayıf bir polimer malzemenin içine bağlanmış yüksek mukavemetli ve aşındırıcı karbon fiberlerden meydana gelmektedirler (Voisey ve ark., 2006). Karbon fiberler yüksek elektriksel ve termal özelliklere sahip olmasının yanı sıra yüksek spesifik elastiklik modülüne ve spesifik mukavemete sahiptirler. Bu özellikleri sebebiyle polimer matrislerinde takviye malzemesi olarak sıklıkla kullanılırlar. Polimer matrisler uzun süre dayanıklılığı sağlarlar, darbe direncine ve katmanlar arası kayma dayanımına katkıda bulunurlar. Karbon fiberler ise malzemenin dayanıklı ve hafif olmasını sağlarlar (Burogohain, 2017), (Chawla, 2012). Bu yapı fiziksel özelliklere, fiber yönelimine ve laminer düzenlemesine bağlı olarak heterojen ve anizotropiktir (Voisey ve ark., 2006). Matris malzemesi olarak kullanılan polimerler arasında Poli(eter-eter-keton) (PEEK), termoset reçinelere göre daha yüksek tokluğa ve aşınma direncine sahip bir termoplastik reçinedir. Ayrıca yüksek çalışma sıcaklıklarında mükemmel mekanik ve kimyasal direnç sunmaktadır (Flock ve ark., 1999), (Mata ve ark., 2009). Kompozit malzemeler sadece üstün malzeme özelliklerinden dolayı değil, fonksiyonelliğinden ve tasarım özgürlüğünden dolayı da tercih edilmektedir. Heterojen ve anizotropik yapılarından dolayı kullanım amacına uygun tasarım avantajı sağlarlar. Kompozit yapıların istenilen şekle getirilmesi ve montajı için kesme, delik delme, işleme gibi çeşitli işlemler gerekli olmaktadır. Karbon fiber takviyeli polimer matrisli kompozitlerin yüksek mekanik özellikleri sebebiyle geleneksel yöntemlerle işlenmesi zordur ve bazı limitler söz konusu olmaktadır. İşlem sonucunda fiber matris ara yüzey deformasyonları, fiberlerin kırılması, delaminasyonların oluşması gibi malzemenin statik ve dinamik özelliklerini olumsuz şekilde etkileyecek kusurlar görülmektedir. Bu sebeplerden dolayı kompozit malzemelerin mikro ve nano ölçekli işlenmesinde alternatif bir yöntem ihtiyacı ortaya çıkmıştır ve lazer bu konuda öne çıkan önemli yöntemlerden biridir.

Lazer işlemi yüksek mukavemetli, sert, ısı dayanımı yüksek malzemelerin işlenmesinde kullanılır. Havacılık, uzay, otomotiv, kimya, tıp gibi birçok çalışma alanlarında yüzey dokusu oluşturma, yüzey işleme, kanal açma, delme, kesme, kaynak gibi işlemlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Yüksek çalışma hızı, süreklilik ve tekrarlanabilirlik özelliklerinden dolayı geleneksel yöntemlerle elde edilemeyecek boyutlarda ve hassasiyette yüzeyler elde edilir. Geleneksek yöntemlerde karbon fiberlerin aşındırıcı etkisinden dolayı takım aşınması meydana gelmektedir. Bununla birlikte sıcaklığın bölgesel artışı gerilmelere, matriste çatlamalara ve delaminasyonlara sebep olmaktadır. Lazer malzeme ile temassız bir işlem olduğundan ve yarattığı yüksek enerji yoğunluğuyla malzemede termal ablasyon meydana getirdiğinden dolayı bu ve benzeri mekanik hasarlar görülmez. Bu sebeplerden dolayı lazer, anizotropik yapıya sahip ve aşındırıcı takviyeleri olan kompozitlerin işlenmesinde umut verici bir alternatif yöntemdir (Salama ve ark., 2016). Lazer yüksek enerjiye ve termal etkiye sahip bir yöntem olduğu için bir buharlaşma sıcaklığı olan ve ısıl iletkenliği karbon fiberlerden daha düşük olan polimer

matrislerin işlenmesinde ısı tesiri altındaki bölge, elyaf şişmesi, matris bozunması gibi çeşitli termal ve metalürjik kusurlar meydana gelebilir (Gautam ve Pandey, 2019). Lazerin kompozit malzemelerle etkileşiminde, kompozitlerin çok farkı özelliklere sahip malzemelerden oluşmaları, heterojen ve anizotropik yapıya sahip olmaları bazı üstünlükler sağlamasına rağmen işlenmelerini zorlaştırmaktadır. Isı emiliminde ve iletiminde bir takım zorluklarla karşılaşılmaktadır. Polimer matris malzemesinin karbon elyaf takviye malzemesine göre daha düşük erime sıcaklığına, ısı transfer kapasitesine ve iletkenliğe sahip olması ve farklı kristallik değerlerinden dolayı istenilen geometride ve konumda, minimum derecede yapısal ve termal hasarların elde edilmesi zordur (Pagano ve ark., 2015). Darbeli bir lazerin kullanımında düşük enerji girişinde dahi matrisin hasarı kaçınılmazdır. Küçük bir alana büyük ısı girdisi sebebiyle elyafların kimyasal bozulması sonucu fiber şişmesi gözlemlenir (Voisey ve ark., 2006). Lazer ışını monokromatik, tek yönlü ve uyumlu bir ışındır. Endüstriyel lazerler kullanılan aktif ortama göre katı hal, gaz, yarı iletken ve sıvı boya olmak üzere dörde ayrılır. Darbeli ışın ve sürekli dalga olmak üzere iki farklı çalışma moduna sahiptir. Darbeli çalışma modunda üretim hızı düşük olmasına rağmen işlem kalitesi daha yüksektir (Dahotre ve Harimkar, 2008). Lazer ışını malzeme yüzeyine gönderildiğinde etkileşim esnasında yansıma, kırılma, saçılma, iletim, emilim gibi fiziksel süreçler meydana gelebilir ve malzeme işlenmesinde istenen fiziksel olay emilimdir. Emilen lazer enerjisi malzemede termal enerjiye dönüştürülür. Yüzeydeki sıcaklık artışı termal gerilmelere sebep olur ve malzeme çıkarımı gerçekleşir. Foto-termal etkileşimlerle malzeme çıkarma işlemi termal ablasyon olarak adlandırılır (Dahotre ve Harimkar, 2008). Ablasyon sonucu yüzeyde çukurcuklar meydana gelir ve yüzey dokusu oluşmuş olur. Ablatif işlemin temel karakteri dalga boyu ile ilişkili olan foton enerjisi ile ilişkilidir. Bağ kopmasının foto-kimyasal veya foto-termal doğası iş parçası malzemesinin bileşimine, dalga boyuna ve atım süresine bağlıdır. Üretilen yüksek enerjili lazer ışını yüzeyde malzeme çıkarımı meydana getirir. Polimer matris çıkarılır ve dar bir alanda fiber buharlaştırılır böylece plazma oluşumu darbe süresi ile sınırlı bir davranışa sahiptir (Romoli ve ark.,2012).

Yüzey özellikleri kompozit malzemeler için oldukça önemlidir. Yüzey modifikasyonları kompozitlerin tribolojik özelliklerini geliştirmektedir. Sürtünme ve aşınma davranışları yüzey pürüzlülüğü ile alakalıdır. Sürtünmeyi azaltmak için yüzey kalitesini iyileştirmek en makul yöntemlerden bir tanesidir. Yüzey dokusu malzemelerin tribolojik performansını iyileştirmek için kullanılan yüzey modifikasyon yöntemlerinden biridir (Laux ve ark., 2016). Malzeme yüzeyinde oluşturulan mikro ölçekli çukurcuklar malzemelerin yüzey morfolojilerini değiştirir. Özellikle yağlanmış yüzeylerde sürtünmeyi ve aşınmayı azaltarak malzemelerin ömürlerinin uzamasına yardımcı olur. Lazer ablasyonu ile yüzey dokusu oluşturma yüzey modifikasyon yöntemlerinden bir tanesidir. Lazer yüzey tekstürü mekanik parçalar üzerinde çeşitli desenler oluşturarak malzemelerin sürtünme ve aşınma performanslarını iyileştirdiğinden dolayı özellikle otomotiv ve havacılık endüstrisi başta olmak üzere birçok tribolojik uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır. Tribolojik etkileşimlerde çukurların faydalı etkisi sürtünme katsayısını düşürmesinin ve aşınma performansını arttırmasının yanı sıra yetersiz yağlama şartları altında aşınma artıklarını yakalayıp hapsetmek için yağ haznesi görevi görmesidir. Yüzey dokusunda çukurcukların geometrik özellikleri sürtünme davranışını etkilemektedir. Yüzey dokusu modifikasyonlarında çukur oluşturmanın yanı sıra daire, kare, üçgen. düz oluk, çapraz oluk gibi farklı geometriler de mevcuttur. Yüzey dokusu aynı zamanda mekanik, elektriksel ve optik özelliklerin iyileştirilmesinde de kullanılır. Yüzey dokusu oluşturmada kullanım kolaylığı, yüksek hassasiyet, sürdürülebilirlik ve düşük maliyet sebebiyle lazer kullanımı tercih edilmektedir (Baharin ve ark., 2016). Elde edilecek çukurcukların kalite performansları çap, derinlik, dairesellik, koniklik gibi geometrik özelliklere ve ısı tesiri altındaki bölge, yeniden katılaşan katman, fiber şişmesi (Cheng ve ark., 1998) gibi metalürjik özelliklere bağlıdır (Gautam ve Pandey, 2019). Bu kalite hususları lazer prosesine ait atım enerjisi, atım süresi, dalga boyu, dalga tekrarlama frekansı, odak noktası boyutu gibi çalışma parametrelerine bağlı olarak değişmektedir (Tzeng, 2000). Lazer parametreleri lazer işleminin kalitesini önemli bir şekilde etkiler. Uygun lazerin seçilmesi ve uygun parametrelerle çalışılması halinde mikronlar mertebesinde, tekrarlanabilir, yüksek kalitede fonksiyonel yüzeyler oluşturmak ve malzemeyi işleyebilmek mümkündür. İşleme uygun lazer parametreleriyle çalışılmaması halinde istenen geometrinin elde edilememesine, termal hasarlara, metalürjik kusurlara ve malzeme kaybına yol açabilir. Uygulamalarda maksimum verimlilik için çukurcukların istenilen geometride minimum malzeme hasarı ile oluşturulması gerekmektedir. Termoplastiklerin işlenmesi değişken kristallik, düşük

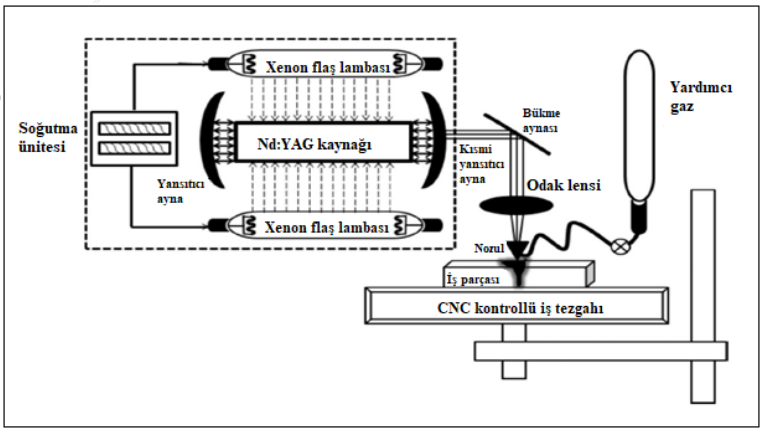
erime ve cam geçiş sıcaklığı özelliklerinden dolayı metal ve seramiklerin işlenmesine göre daha zordur. Bu yüzden uygun lazerin ve parametrelerinin seçimi oldukça önemlidir.

Bu çalışmanın amacı malzemelerin lazer ablasyonunda lazer parametrelerinin malzeme ile etkileşimi üzerindeki etkilerini inceleyip meydana gelen kusurları en aza indirecek parametre optimizasyonunu yapmaktır. Mikro saniye mertebesinde darbeler kullanılarak, yüzeye odaklı lazer ile farklı enerji yoğunlukları değerlerinde üniform malzeme çıkarımı sağlanmış ve işlem sonucu oluşan etkiler stereo mikroskop ve optik profilometre vasıtalarıyla incelenmiştir. Çalışmanın ileriki safhasında benzer çalışma koşulları altında farklı takviye tipine, şekline ve oranına sahip kompozit malzemeler arasında malzeme karakterizasyonu yapılacak ve elde edilen sonuçlar aynı zamanda taramalı elektron mikroskobu ve nano tomografi aracılığıyla değerlendirilecektir.

2. MATERYAL VE METOD

Termoplastik esaslı polimer malzemelerin kaynaklaması, şekillendirilmesi, depolanması ve geri dönüştürülmesi termoset esaslı polimerlere nazaran daha kolaydır. Poli(eter-eter-keton) (PEEK) termoplastik esaslı bir polimer malzemedir ve üstün mekanik, termal ve kimyasal özellikleri nedeniyle birçok ileri uygulamada kullanılmaktadır. PEEK ve kompozitleri tribolojik uygulamalarda mükemmel bir aday malzemedir. Karbon elyaf takviyesiyle yüksek dayanıklılık ve yüksek aşınma direncine sahip olmaktadırlar (Kumar ve ark., 2018). Polimer matrisleri ile ilgili olarak yansıtıcılık göz ardı edilebilirken iletim yoluyla enerji kaybı önem arz etmektedir. Lazer ışınının dalga boyundaki artışla beraber lazer emilim seviyesinde düşüş görülmektedir. Literatürde test edilen PA6, PEEK, PPS, Epoxy esaslı polimerler arasında lazer ışınını en çok emen PEEK malzemesi olmuştur. Karbon fiberler dalga boyu değerinden bağımsız olarak lazer radyasyonunu tamamen absorbe edebilmektedir (Romoli ve ark.,2012). Karbon elyafın buharlaşma sıcaklığı yaklaşık 330-385 °C arasındayken PEEK'in erime sıcaklığı yaklaşık olarak 350 °C'dir (Romoli ve ark.,2012), (Ji ve ark., 1997). Bu yüzden bazı bölgelerde matris erimesi gözlenirken fiberlerin erimediği açıkça görülmektedir.

Çalışmada karbon fiber takviyeli PEEK plakalar (TenCate Cetex® TC1200) kullanılmıştır. Cetex TC1200 PEEK AS-4 ağırlıkça %34, hacimce %59 fiber içeren reçine içeriğine sahiptir. Deneysel çalışmalarda 1064 nm dalga boyuna sahip Nd:YAG tipi tek atımlı (GSI lumonics JK760TR) lazer mekanizması kullanılmıştır. Sistem ortalama 600 watt gücüne, 0,3-50 ms arasında atım süresine ve 500 hz frekansa sahiptir. Lazer kaynağında üretilen yüksek enerjili lazer ışını fiber optik kablolar vasıtasıyla iletilip dış bükey bir merceğe sahip odak lensinde yakınsanır, tek bir noktada toplanır ve numune üzerine gönderilir. İş parçası üç eksenli çalışan bir CNC kontrol mekanizması ile konumlandırılarak istenilen geometriye ve odak mesafesine uygun şekilde ayarlanır. İşlem sırasında soğutma ve erimiş malzemeyi uzaklaştırma amacıyla yardımcı gaz kullanılabilir. Şekil 1.'de kullanılan lazer düzeneğinin bir taslağı görülmektedir.



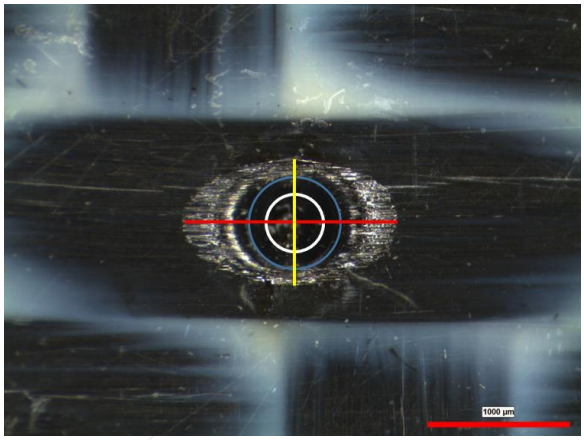
Şekil 1. Lazer düzeneği

Deneyler sırasında 4 farklı enerji, 5 farklı atım süresi ve yüzey odağı kullanıldı. Yüzeye sıfır odakta odak noktası çapı 400 µm değerindedir. Enerji yoğunluğu, lazer enerjisinin odak noktası alanına oranı ile hesaplandı. Deneyler esnasında koruyucu gaz kullanılmamıştır. Çalışma parametreleri Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Çalışma parametreleri

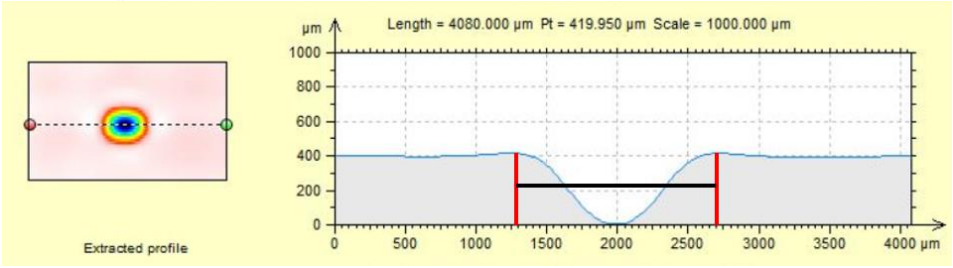
Atım Süresi (ms)	Enerji (J)	Enerji Yoğunluğu (J/cm^2)
2	1	795,7747155
4	2	1591,549431
6	3	2387,324146
8	4	3183,098862
10		

İşlemler sonrası numunelerin yüzey görüntüleri makro boyutta inceleme ve analiz için stereo mikroskop (Leica) kullanılarak çekildi. Şekil 2.'de çekilen görüntülerin bir örneği görülmektedir. Odak noktası beyaz daire ile gösterilmiş olup 200 µm yarıçapına sahiptir. Mavi ile işaretli daire matris buharlaşması bölgesidir. Kırmızı ile işaretli çizgi fiber yönündeki matris erimesi olarak, sarı ile işaretli çizgi ise fiber yönüne dik yöndeki matris erimesi olarak tanımlandı. Minimum çapa karşılık gelen fiber yönüne dik yöndeki erimenin maksimum çapa karşılık gelen fiber yönündeki erimeye olan oranı dairesellik olarak tanımlandı.



Şekil 2. Stereo mikroskop incelemesi gösterimi

Ablasyona uğramış yüzeylerin topografilerini incelemek için optik profilometre (Nanovea, PS50, USA) kullanıldı. Şekil 3.'te çekilen görüntülerin bir örneği görülmektedir. Kesit görüntüdeki kırmızı ile işaretlenen çizgi bir lazer atımıyla elde edilmiş olan ablasyon oranı olarak, siyah ile işaretlenen çizgi ise çap olarak tanımlandı. Derinlik/çap oranı grafiğindeki veriler bu tanımlamalar ışığında elde edilmiştir.



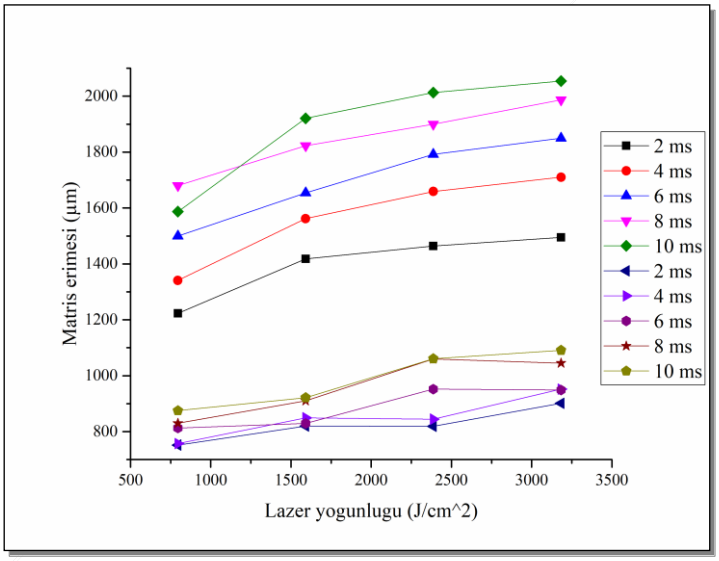
Şekil 3. Optik profilometre incelemesi gösterimi

Çalışmanın bir sonraki aşamasında numunelerin taramalı elektron mikroskobu görüntüleri ve bilgisayar destekli nano tomografi görüntüleri elde edilerek ısıdan etkilenen bölge, fiberlerin şişmesi, delaminasyonlar ve mekanik hasarlar incelenecektir.

3. SONUÇ

Çalışma kapsamında yüzeye sıfır ve 400 µm çapındaki sabit odak alanında, 5 farklı atım süresinin ve 4 farklı lazer yoğunluğunun karbon fiber takviyeli PEEK matrisli kompozit malzemenin lazer ablasyonuna olan etkisi incelenmiştir. Elde edilen yüzey dokularının örnek stereo mikroskop görüntüsü Şekil 2'de görülmektedir. Odak noktası alanı beyaz daire ile gösterilmiş olup 200 µm yarıçapına sahiptir. Bu daire içerisinde sıcaklık maksimum değerdedir ve hem polimer matrisin hem de fiberlerin buharlaştığı gözlemlenmektedir. Odak noktası alanı sınırlarından uzaklaştıkça sıcaklık değerinde düşüş gözlemlenmektedir. Mavi ile işaretlenen bölgede polimer matrisin buharlaştığı fakat fiberlerin buharlaşmadığı görülmektedir. Kırmızı ve sarı ile işaretlenen bölgede matrisin hem fiber yönünde hem fiber yönüne dik yönde eridiği ancak karbon elyafların buharlaşmadığı görülmektedir.

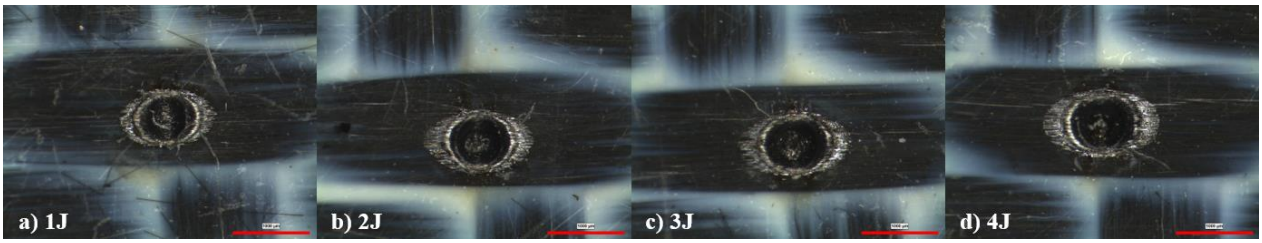
Şekil 4'te 5 farklı atım süresinde, lazer yoğunluğundaki artışın yüzeydeki matris erimesine olan etkisi görülmektedir. Grafiğin üst kısmındaki dört eğri fiber yönündeki matris erimesini, alt kısmındaki dört eğri ise fiber yönüne dik yöndeki matris erimesini temsil etmektedir. Isı iletimi karbon fiberler boyunca daha fazla olduğundan dolayı fiber yönünde erime dik yöndeki erimeye kıyasla oldukça yüksektir ve bu durum yüzeyde eliptik yapıya sebep olur. Aynı atım süresinde, lazer yoğunluğundaki artışla fiber yönündeki matris erimesinin parabolik olarak arttığı görülmektedir. İlk iki lazer yoğunluğu değerinde lazer enerjisi 1J'den 2 J'e iki kat artarken fiber yönündeki matris erimesi daha fazla artarken, ilk lazer yoğunluğu değerinden son değer olan 4J enerjiye karşılık gelen lazer yoğunluğuna artışta fiber yönündeki matris erimesindeki artış daha düşüktür. Fiber yönündeki matris erimesi artış hızında bir azalma söz konusudur.



Şekil 4. Matris erimesi

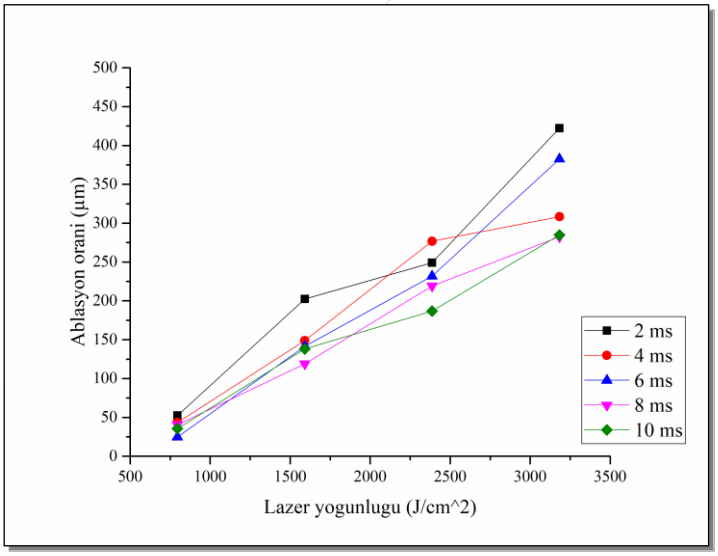
Aynı enerji yoğunluğu değerlerinde, düşük atım sürelerinde matris erimesinin daha az olduğu görülmektedir. Bunun sebebi düşük atım sürelerinde lazer enerjisinin daha iyi absorbe edilmesidir. Enerji yüzeyde erimeye değil derinlikte artışa sebep olacaktır. Enerji yoğunluğunun ve atım süresinin derinliğe olan etkisi Şekil 6'da ayrıca incelenmiştir.

Şekil 5'te çalışma kapsamında çalışılan en düşük atım süresi olan sabit 2 ms altında sırasıyla 1 J, 2 J, 3 J ve 4 J enerjileri olmak üzere dört farklı lazer yoğunluğuna maruz kalmış numunelerin stereo mikroskop ile çekilmiş yüzey görüntüleri gösterilmektedir. Odak alanında karbon fiberlerin dahi buharlaştığı görülmektedir. Karbon fiberler boyunca ısı dağılımı incelendiğinde erimiş PEEK matrisi sebebiyle karbon fiberler açıkça görülebilmektedir. Karbon fiberlerin buharlaşma sıcaklığı 330-385 °C aralığındayken PEEK polimerinin erime sıcaklığı yaklaşık 350 °C'dir (Romoli ve ark.,2012), (Ji ve ark., 1997).



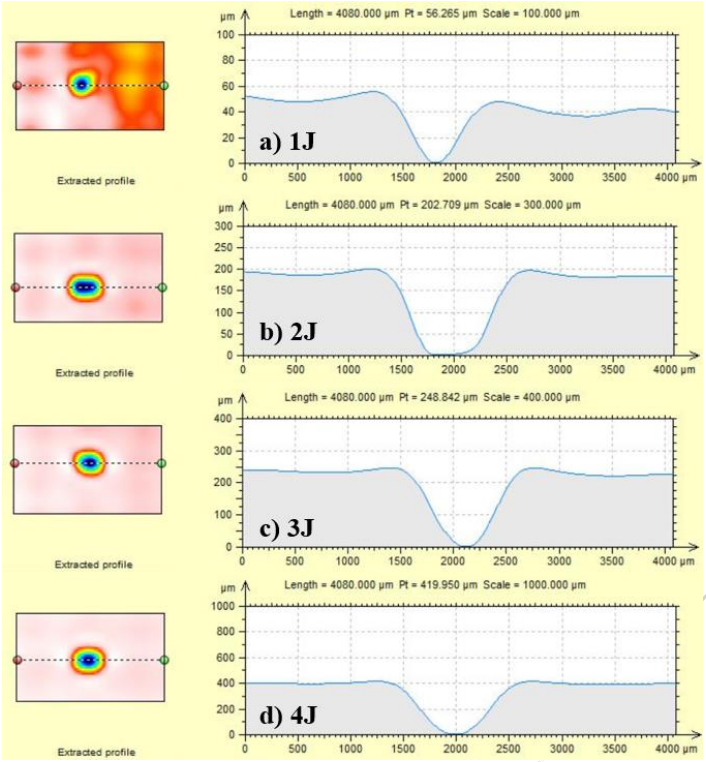
Şekil 5. Matris erimesi yüzey görüntüsü

Lazer ile malzeme etkileşiminde termal gerilmeler ve yüzeyde buharlaşmanın sonucu olarak termal ablasyon meydana gelmiştir. Şekil 6'da 5 farklı atım süresinde, lazer yoğunluğundaki artışın ablasyon oranına olan etkisi görülmektedir. Ablasyon oranı bir lazer atışı ile elde edilen derinliktir. Deneysel sapmalar göz ardı edildiğinde lazer yoğunluğundaki artışla beraber ablasyon oranının doğrusal olarak arttığı görülmektedir. Matris erimesindeki gibi artış hızında bir azalış söz konusu değildir. Lazer yoğunluğu arttıkça enerji yüzeyde yayılmaktan ziyade derinlik boyunca ilerlemektedir. Böylece lazer enerjisi matris erimesine değil ablasyon oranına neden olur (Dahotre ve Harimkar, 2008). Termal ablasyon mekanizmasıyla üniform bir malzeme çıkarımı söz konusudur. Aynı zamanda düşük atım sürelerinde ablasyon oranının daha fazla olduğu görülmektedir. Bunun nedeni düşük atım sürelerinde lazer enerjisinin ince bir tabaka tarafından emilip malzeme yüzeyinde iletilmeden derinlik boyunca ilerlemesinden dolayıdır. Ultra kısa atım sürelerinde çok yüksek bir tepe yoğunluğu elde edilir ve termal difüzyon meydana gelmeden enerji gönderilir. Böylece termal bozulmalar olmadan yüksek verimlilikte ve hassasiyette işlemler gerçekleştirilebilir (Liu ve ark., 1997). Ablasyon oranı aynı zamanda dalga boyuna ve darbe tekrarlama frekansına bağlı olarak değişir. Düşük dalga boyu ve yüksek darbe tekrarlama frekansı değerlerinde genellikle daha yüksek ablasyon oranı elde edilir (Dahotre ve Harimkar, 2008).



Şekil 6. Ablasyon oranı

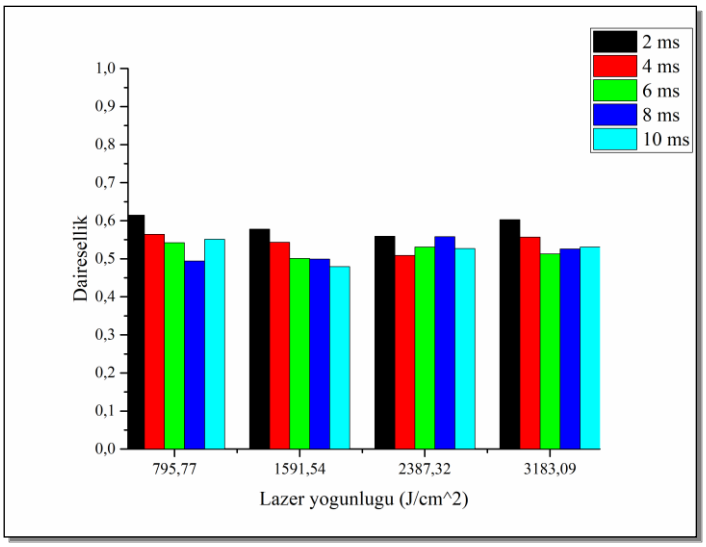
Şekil 7'de çalışma kapsamında çalışılan en düşük atım süresi olan sabit 2 ms altında sırasıyla 1 J, 2 J, 3 J ve 4 J enerjileri olmak üzere dört farklı lazer yoğunluğuna maruz kalmış numunelerin optik profilometre ile çekilmiş kesit görüntüleri gösterilmektedir.



Şekil 7. Ablasyon oranı kesit görüntüsü

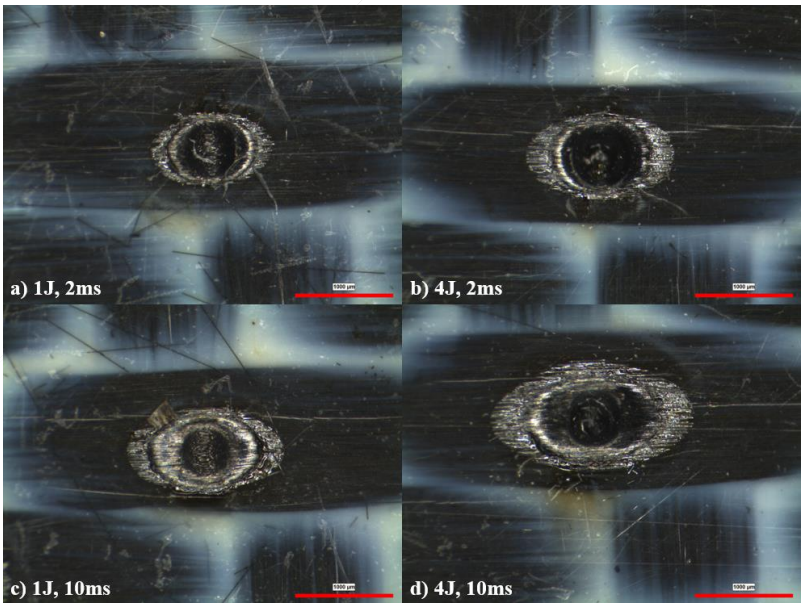
Şekilde 7'de verilen yüzey morfolojileri incelendiğinde ablasyon sonucu aynı zamanda çukurcuğun çevresinde polimer amofizasyonu nedeniyle bir şişme gözlemlenmektedir (Himmelbauer ve ark., 1996). Yüksek enerji değerlerinde bu şişmenin daha az olduğu ve yüzeyle yakın seviyede çukurcukların oluştuğu gözlemlenmektedir. Ablasyon sonucu oluşan çukurcuklarda küresel bir morfoloji meydana geldiği gözlemlenmektedir. Tribolojik özellikler büyük ölçüde çukurcukların boyutlarına ve yüzeydeki yoğunluğuna bağlı olduğundan dolayı oyuk şeklinin yuvarlak veya açısal olmasının sürtünme katsayısının üzerinde önemli bir ölçüde etkisi yoktur (Wakuda ve ark., 2003).

Takviye malzemesi karbon fiberlerin ısı iletim katsayısı polimer matris malzemesi olan PEEK'ten daha yüksektir ve sürekli uzun fiber şeklinde takviye edilmiştir. Kompozit malzemeye heterojen ve anizotropik özellik katmıştır. Bu sebepten dolayı lazer enerjisinin yarattığı ısı fiber yönünde daha çok iletilip yüzeyde daireselliğe sebep olacaktır. Yüzeydeki matris erimesinde olan dairesellik Şekil 2'de ve Şekil 5'te de açıkça görülmektedir. Dairesellik yüzeydeki erime sonucu oluşan minimum çapın (fiber yönüne dik) maksimum çapa (fiber yönü) olan oranı ile hesaplanır. Şekil 8'de 5 farklı atım süresinde, lazer yoğunluğundaki artışın daireselliğe olan etkisi gösterilmektedir. Dairesellik yüzey kalitesini ve performansını büyük ölçüde etkileyen önemli bir özelliktir. Kaliteli ve hassas bir doku için 1 değerine yakın olması istenir (Gautam ve Pandey, 2019). Sürekli karbon fiber takviyesinden dolayı malzeme anizotropik davranış göstermiş ve ısı iletimi homojen şekilde gerçekleşmeyip fiber yönünde daha fazla olmasından dolayı dairesellikten uzak eliptik yüzeyler meydana gelmiştir. Fiber yönündeki matris erimesi fiber yönüne dik yöndeki matris erimesinden neredeyse iki kat daha fazladır. Bu değer farklı atım sürelerinde 0,5-0,6 arasında değişkenlik göstermektedir.



Şekil 8. Dairesellik

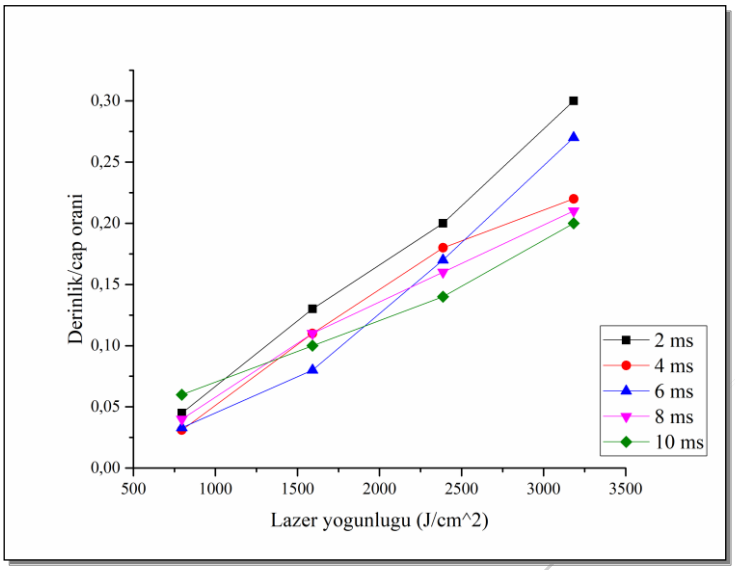
Şekil 9'da çalışma kapsamında çalışılan sırasıyla en düşük ve en yüksek atım süresi olan 2 ms ve 4 ms ile sırasıyla en düşük ve en yüksek enerji olan 1 J ve 4 J'ün yüzeydeki erimelerinin stereo mikroskop görüntüleri gösterilmektedir. Sürekli karbon fiber takviyesinden dolayı yüzeyde oluşan eliptik yapı açık bir şekilde görülmektedir. Fiber yönündeki erimeler fiber yönüne dik yöndeki erimelerden yaklaşık 1,5-2 kat daha fazla olup eliptik yapının oluşmasına sebep olmuştur. Aynı enerji değerlerinde düşük atım sürelerinde deliklerin dairesel yapıya daha yakın olduğu görülmektedir. Bunun nedeni lazer enerjisinin yarattığı ısının düşük atım sürelerinde malzeme yüzeyine saçılmadan emilerek Şekil 6'da da görüldüğü gibi daha derin çukurcuklara sebep olmasından dolayıdır. Kısa atım sürelerinde elde edilen yüksek tepe enerjisi termal bozulmalara sebep olmadan hassas bir şekilde yüzey dokusunu oluşturur (Liu ve ark., 1997).



Şekil 9. Dairesellik yüzey görüntüsü

Şekil 10'da 5 farklı atım süresinde, lazer yoğunluğundaki artışın derinlik/çap oranına olan etkisi gösterilmektedir. Derinlik ve çap tanımlamaları Şekil 3'te gösterilmiş olup sadece derinlikteki artış Şekil 6'da ayrıca ele alınmıştır. Ablasyon sonucunda elde edilen derinliğin oluşan çapa olan oranı deneysel sapmalar göz ardı edildiğinde lazer yoğunluğundaki artışla birlikte doğrusal olarak artış göstermektedir. Termal ablasyonla malzeme çıkarımı üniform bir şekilde gerçekleşmiştir. Ayrıca düşük atım

sürelerinden lazer enerjisinin radyal yönde daha fazla iletilmesi sonucu daha düşük çaplarda daha derin çukurcuklar elde edilmektedir. Derinlik/çap oranı lazer ışının optik özelliklerine ve malzemenin termo-fiziksel özelliklerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Gautam ve Pandey, 2019). Kullanım yeri ve amacına uygun olarak beklenen performansı sağlayacak olan lazer işlemi parametrelerinin iyi seçilmesi oldukça önem arz etmektedir.



Şekil 10. Derinlik/çap oranı

4. TARTIŞMA

1064 nm dalga boyuna sahip Nd:YAG tipi lazer kullanılarak yönlendirilmiş karbon fiber takviyeli PEEK matrisli kompozit plakaları üzerinde mikro ölçekli yüzey dokuları oluşturuldu ve erime, buharlaşma, ablasyon seviyeleri stereo mikroskop ve optik profilometre vasıtalarıyla ölçüldü. Elde edilen sonuçlara istinaden üniform bir malzeme çıkarımının sağlandığı ve lazer yüzey işleminin karbon fiber takviyeli polimer matrisli kompozitlerin ablasyonunda kullanılabileceği görülmüştür. Bu çalışmada elde edilen en önemli kazanım istenilen geometride çukurcukların oluşturulması imkanıdır.

Yüzey tekstüre etme bir malzemenin yüzey özelliklerini geliştirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Yüzey işleme için en tercih edilen yöntem lazer yüzey işlemedir. Oluşturulan mikron mertebesindeki çukurcuklar sürtünme katsayısını azaltmakta ve aşınma performansını arttırmaktadır. Böylece malzemenin ömrü uzamaktadır. Lazer işlemi polimer ve kompozitleri gibi gelişmiş malzemelerde küçük boyutlarda ve hassas şekilde delik delme, işleme, yüzey dokusu oluşturma gibi uygulamalarda etkili bir yöntemdir. İyi mekanik özelliklere sahip, işlenmesi zor malzemeler dahi lazer kullanılarak kolayca işlenebilir. Lazer işleminin performansı lazer parametrelerine bağlı olarak değişmektedir. Bu yüzden yüksek kalitede sonuçlar elde edebilmek için parametre optimizasyonu çok önemlidir.

Düşük enerji yoğunluğu değerlerinde yüzeyde çukurcuk oluşumu yerine tepeciklerin oluştuğu gözlemlenmiştir ve bu da belirli bir eşik değerinin olduğunu göstermektedir. Enerji yoğunluğundaki artışın ablasyon seviyesini arttırdığı fakat aynı zamanda yüzeyde matris malzemesinin erimesine sebep olduğu gözlemlenmiştir. Bunu sınırlamak için düşük atım sürelerinde çalışılması gerekildiği sonucuna ulaşılmıştır.

Lazer ablasyonu polimerik malzemelerin cam geçiş sıcaklığı, erime sıcaklığı gibi malzeme özelliklerini belirlemek için kullanılabilecek bir karakterizasyon yöntemi olabilir çünkü lazer yüksek hassasiyete sahip tekrarlanabilir bir süreçtir. Polimer ve kompozitlerin lazer ile işlenmesinde ısı malzemenin camsı geçiş sıcaklığından daha yüksek olmalıdır. Lazer ile malzemelerin işlenmesinde malzemenin mekanik özelliklerinin bir etkisi yoktur, termo fiziksel özellikler etkilidir. Lazer ablasyonu sonucu oluşan çukurcukların şekilleri kompozit malzemelerin içeriklerinin tanımlanmasında yardımcı olabilir çünkü

lazer belirli bir sürede yüksek hassasiyette yüzeye sabit bir enerji gönderir ve oldukça güvenilir, tekrarlanabilir bir süreçtir. Belirli bir lazer enerjisine maruz bırakılması sonucunda oluşan çukurcukların geometrisi ileride malzemenin molekül yapısındaki değişikliklerin tespiti için kullanılacak bir karakterizasyon yöntemi olabilir.

Lazer teknolojisi karbon fiber takviyeli PEEK matrisli kompozit gibi işlenmesi zor malzemelerin işlenmesi için umut verici bir alternatif olduğunu göstermiştir. İşlem süresi geleneksel yöntemlerden daha fazla olduğu durumlar olsa dahi işlem sonundaki mekanik ve termal hasarlar çok daha az seviyededir.

TEŞEKKÜR

Kocaeli Üniversitesi Lazer Teknolojileri Araştırma ve Uygulama Merkezi (LATARUM)'ne laboratuvarlarını kullanma imkanı tanıdıkları için ve Doç. Dr. Sinan Fidan'a optik profilometre çalışmalarına verdiği katkılar için teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

BAHARIN, A., F., S., GHAZALI, M. J., WAHAB, H. A. (2016), Laser Surface Texturing and Its Contribution to Friction and Wear Reduction: A Brief Review ,*Industrial Lubrication and Tribology*, 68, 57-66.

BURAGOHAIN, M., K. (2017), *Composite Structures: Design, Mechanics, Analysis, Manufacturing and Testing*, New York: CRC Press,

CHAWLA, K., K.(2012), *Composite Materials: Science and Engineering*, New York: Springer-Verlag.

CHENG, C., F., TSHUI, Y., C., CLYNE, T., W. (1998), Application of a Three-Dimensional Heat Flow Model to Treat Laser Drilling of Carbon Fibre Composites, *Acta Metallurgica Inc.*, 46, 4273-4285.

DAHOTRE, N.,B., HARIMKAR, S., P. (2008), *Laser Fabrication and Machining of Materials*, New York: Springer.

FLOCK, J., FRIEDRICH, K., YUAN, Q. (1999), On the Friction and Wear Behaviour of PAN-and pitch-Carbon Fiber Reinforced PEEK Composites, *Wear*, 225-229, 304-311.

GAUTAM, G., D., PANDEY., A., K. (2019), Pulsed Nd:YAG Laser Beam Drilling: A Review, *Optics and Laser Technology*, 100, 183-215.

HIMMELBAUER, M., ARENHOLZ, E., BAUERLE, D. (1996), Single-shot UV-laser Ablation of Polyimide with Variable Pulse Lengths, *Applied Physics A*, 63, 87-90.

JI, X., L., YU, D., H., ZHANG, W., J., WU, Z., W. (1997), The Multiple Melting Behaviour of Immiscible Poly(ether ether ketone) / Poly(ether diphenyl ether ketone) Blend, *Polymer*, 14(38), 3501-3504.

KUMAR, D., RAJMOHAN, T., VENKATACHALAPATHI, S. (2018), Wear Behavior of PEEK Matrix Composites: A Review, *Material Today: Proceedings*, 5, 14583-14589.

LAUX, K., A., FULCRAND, J., A., SUE, H., J., BREMNER, T., WONG, J., S., S. (2016), The Influence of Surface Properties on Sliding Contact Temperature and Friction for Polyetheretherketone (PEEK), *Polymer*, 103, 397-404.

LIU, X., DU, D., MOUROU, G. (1997), Laser Ablation and Micromachining with Ultrashort Laser Pulses, *IEEE Journal of Quantum Electronics*, 33(10) , 1706-1716.

MATA, F., GAITONDE, V.,N., KARNIK, S.,R., DAVIM, J., P. (2009), Influence of Cutting Conditions on Machinability Aspect of PEEK, PEEK CF 30 and PEEK GF 30 Composites Using PCD Tools, *Journal of Materials Processing Technology*, 209, 1980-1987.

PAGANO, N., ASCARI, A., LIVERANI, E., DONATI, L., CAMPANA, G., FORTUNATO, A. (2015), Laser Interactıon with Carbon Fibre Reinforced Polymers, *9th CIRP Conference on Intellifent Computation in Manufacturing Engineering*, Procedia CIRIP 33, 423-427.

ROMOLI, L., FISCHER, F., KLING, R. (2012), A Study on UV Laser Drilling of PEEK Reinforced with Carbon Fibers, *Optics and Lasers in Engineering*, 50, 449-457.

SALAMA, A., YAN, Y., LI, L., MATIVENGA, P., WHITEHAD, D., SABLI, A. (2016), Understanding the Self-limiting Effect in Picosecond Laser Single and Multiple Parallel Pass Drilling/Machining of CFRP Composite and Mild Steel, *Materials and Design*, 107, 461-469.

TZENG, Y. (2000), Parametric Analysis of the Pulsed Nd:YAG Laser Seam-Welding Process, *Journal of Materials Processing Technology*, 102, 40-47.

VOISEY, K., T., FOUQUET, S., ROY, D., CLYNE, T.,W. (2006), Fibre Swelling During Laser Drilling of Carbon Fibre Composites, *Optics and Laser in Engineering*, 44, 1185-1197.

WAKUDA, M., YAMAUCHI, Y., KANZAK, S., YASUDA, Y. (2003), Effect of Surface Texturing on Friction Reduction Between Ceramic and Steel Materials Under Lubricated Sliding Contact, *Wear*, 254, 356-363.

MRI BRAIN TUMOR CLASSIFICATION USING TEXTURE FEATURES AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

Nadhem Nedhal Abdo QAID
Kocaeli University, Mechatronics Engineering Department
Engnazim91@gmail.com

Kaplan KAPLAN
Kocaeli University, Mechatronics Engineering Department
kaplan.kaplan@kocaeli.edu.tr

Hüseyin Metin ERTUNÇ
Kocaeli University, Mechatronics Engineering Department
hmertunc@kocaeli.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-1874-3104

Abstract
The brain tumor is one of the most serious diseases that should be carefully diagnosed in its primary stage to be treated. Since statistical analysis also shows that it could be cured if it is detected early. Classifying the type of tumor using magnetic resonance imaging (MRI) is a difficult process due to the variance and complexity of tumors. With the advancement in image processing and machine learning techniques the process became easier. In this study, we proposed a neural network model which consists of three stages namely, feature extraction, preprocessing the data, and training the classification model. In the feature extraction stage, 22 texture features have been extracted. Then, shuffle and normalization have been done. Finally, an artificial neural network (ANN) has been trained using Levenberg-Marquardt backpropagation algorithm. In this study, 3064 images, from 233 patients, have been used to train and test the proposed model. This data set has three kinds of brain tumors which were divided into 80% for training and 20% for test procedure. The proposed model was tested using different performance metrics such as sensitivity, specificity, F-Score, and accuracy. The results obtained from the experiments show that the accuracies of training and testing datasets are 99% and 95%, respectively.

Keywords: texture features, image classification, ANN, and Levenberg-Marquardt backpropagation algorithm

1. INTRODUCTION

Brain tumor is one of the most serious dieses that can destroy human's life. It causes by abnormal growth of tissue cells in brain then becomes a big neurological disorder for human. And these days according to the environment and our new life style this type of tumor cases are widely increasing [1]. To deal with this problem and reduce this numbers of patients we can use the help of the combination of the computer along with advance image analyzing methods. Magnetic resonance imaging (MRI) is a technique for imaging the infected part of the huma body, MRI is preferred more than X-ray imaging in this application because it provides all the details. After imaging with MRI, it diagnosed by the doctors or computer aided diagnosis CAD if there is a tumor or not, then if it detected there is tumor then they start the second stage which is classify the type of this tumor. Classification can be done by several methods in machine learning and deep learning.

Various techniques for classification of images are in literature [2, 11–15]. Gray level thresholding and morphological features-based technique does not provide satisfactory results due to complex brain structure and sudden variations in intensities. Segmentation based schemes [11], fail to work if the abnormalities in the brain are not possible to be segmented spatially. Furthermore, the statistical and geometrical variations in brain images limit the performance of these schemes. Texture analysis-based methods often assume that acquired images are already registered, which may not always be true. Texture features (by using Gray Level Co-occurrence Matrices (GLCM)) and Artificial Neural Network classify normal and abnormal brain images in [13]. Principal Component Analysis (PCA) and probabilistic

The rest of this paper will be as the following: first, the proposed feature extraction techniques will be presented. Then, the proposed classification model will be illustrated. Finally, the obtained results will be discussed.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Feature Extraction

This stage concerns on transforming the input images from a matrix of pixels into a specific number of features. Those features are then used as inputs to the classification models and help to make differences between the categories of input patterns. In this study, we proposed to hybridize texture features with color moments features. The proposed feature extraction model concurrently calculates each kind of features. In order to extract texture features, Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) should be calculated from the segmented image. Then, there are many statistics exist that can be derived from GLCM (Haralick, Shanmugam, & Dinstein, 1973). In our proposed model 22 texture properties were calculated which are presented in Table 1. Concurrently, the RGB image seperates into three layers wherein three-color moments are extracted. These moments are called first, second, and third moments and their equations are shown in Eq. (10) - (11) – (12).

$$\sum_i g_i = \sum_i^N g_i \quad (1)$$

$$g_y(j) = \sum_i^N g_{ij} \quad (2)$$

$$g_{x+y}(k) = \sum_i \sum_j g_{ij}, \quad k = (i+j), \text{k= 2, 3, …, 2N} \quad (3)$$

$$g_{x-y}(k) = \sum_i \sum_j g_{ij}, \quad \text{k} = |i-j|, \text{k= 0, 1, …, N – 1} \quad (4)$$

$$IX = -\sum_i g_x(i) \log\{g_x(i)\} \quad (5)$$

$$IY = -\sum_i g_y(i) \log\{g_y(i)\} \quad (6)$$

$$IXY = -\sum_i \sum_j g_{ij} \log\{g_{ij}\} \quad (7)$$

$$IXY1 = -\sum_i \sum_j g_{ij} \log\{g_y(j)\ g_x(j)\} \quad (8)$$

$$IXY1 = -\sum_i \sum_j g_y(j)\ g_x(j) \log\{g_y(j)\ g_x(j)\} \quad (9)$$

Table 3. Summary of the 22 features extracted from GLCM

ID	Feature name	Formula
F1	Energy	$f_1 = \sum_i \sum_j g_{ij}^2$
F2	Entropy	$f_2 = -\sum_i \sum_j g_{ij} \log\{g_{ij}\}$
F3	Dissimilarity	$f_3 = \sum_i \sum_j \lvert i-j \rvert \, g_{ij}$
F4	Contrast / Inertia	$f_4 = \sum_i \sum_j (i-j)^2 g_{ij}$
F5	Homogeneity MATLAB	$f_5 = \sum_i \sum_j \frac{g_{ij}}{1+\lvert i-j \rvert}$
F6	correlation	$f_6 = \sum_i \sum_j \frac{i\, j\ g_{ij} - \mu_x \mu_y}{\sigma_x \sigma_y}$
F7	Homogeneity / Inverse difference moment	$f_7 = \sum_i \sum_j \frac{g_{ij}}{1+(i-j)^2}$
F8	Autocorrelation	$f_8 = \sum_i \sum_j i\, j\ g_{ij}$
F9	Cluster Shade	$f_8 = \sum_i \sum_j (i + j - \mu_x - \mu_y)^3 \, g_{ij}$
F10	Cluster Prominence	$f_9 = \sum_i \sum_j (i + j - \mu_x - \mu_y)^4 \, g_{ij}$
F11	Maximum probability	$f_9 = \max g_{ij}$
F12	Sum of Squares (Variance)	$f_{12} = \sum_i \sum_j (i-\mu)^2 g_{ij}$
F13	Sum Average	$f_{13} = \sum_{i=2}^{2N} i\, g_{x+y}(i)$
F14	Sum Variance	$f_{14} = \sum_{i=2}^{2N} (i - f_{15})^2 \, g_{x+y}(i)$
F15	Sum Entropy	$f_{15} = -\sum_{i=2}^{2N} g_{x+y}(i) \log\{g_{x+y}(i)\}$
F16	Difference variance	$f_{16} = \sum_{i=2}^{2N} i^2 \, g_{x-y}(i)$
F17	Difference entropy	$f_{17} = -\sum_{i=2}^{2N} g_{x-y}(i) \log\{g_{x-y}(i)\}$
F18	Information measures of correlation (1)	$f_{18} = \frac{IXY - IXY1}{\max\{IX, IY\}}$
F19	Information measures of correlation (2)	$f_{19} = (1 - \exp(-2.0[IXY2 - IXY]))^{0.5}$
F20	Correlation MATLAB	$f_{20} = \sum_i \sum_j \frac{g_{ij}\,(\mu_x - i)\,(\mu_y - j)}{\sigma_x \sigma_y}$
F21	Inverse difference normalized	$f_{21} = \sum_i \sum_j \frac{g_{ij}}{1+\frac{\lvert i-j \rvert}{N}}$
F22	Inverse difference moment normalized	$f_{22} = \sum_i \sum_j \frac{g_{ij}}{1+\frac{(i-j)^2}{N}}$

2.2. Classification

Image classification is the way which categorize all the images to a particular class. Computer can also do classification if it is trained about different characteristics of classes which may occurs This training can be supervised or unsupervised. In present case after reading the MRI slices and extract the features we turned to trained the model to classify by using Artificial neural network (ANN). To train the ANN Levenberg-Marquardt backpropagation algorithm have been used. 80% of date have been used as training-set and 20% for testing the model. ANNs used in this study is one input layer with 22 node, one hidden layer with 32 nodes, and one output layer with 3 nodes. The number of hidden layer nodes is chosen by trial and error method between 10 and 50 nodes. (Moré, 1978). The model will classify between the three types of tumor meningioma, gliomas, and pituitary.

3. RESULTS

The purpose in this model is to classify between the three types of tumor and the data set consists of 3064 slices in total. These slices are composed of 708 meningioma, 1426 gliomas, and 930 pituitary tumors. Then several factors are measured to test the model to be more accurate. These factors are Accuracy, F-score, Sensitivity, and Specificity. Testing factors have been measured for the training and testing data and for each class as will. Then, the mean has been taken for the three classes as the final result. All the result has been arranged in two tables one for all the classes and the other is for the mean.

Table 2. Classification results factors for the three Classes

Factor/type	Training%	Testing%
Accuracy [3-classes]	[94.60,97.30, 98.66]	[91.92,95.91,97.93]
F-Score [3-classes]	[94.41, 97.32, 98.65]	[91.52, 95.91, 97.92]
Sensitivity [3-classes]	[97.82, 96.55, 99.69]	[96.25, 95.98, 98.58]
Specificity [3-classes]	[91.78, 98.07, 97.67]	[88.32, 95.85, 97.30]

Table 3. Classification results factors as the mean for the three classes

Factor/type	Training%	Testing%
Accuracy Mean	96.85	95.25
F-Score Mean	96.79	95.12
Sensitivity Mean	98.02	96.94
Specificity Mean	95.84	93.82

4. DISCUSSION

As it shown in Tables 1 and 2, the proposed model achives competitive accuracy and F-score. That means the proposed model can be generalized and used in real time application to classify brian tumor images for each type. Also sensitivity and specificity have been measured to make test for model with more than one factor and sensitivity describes the smallest absolute amount of change that can be detected by a measurement. referred to as the true negative rate (TNR), The results shown in Table 2. As the testing side accuracy mean is 95.25%. This result was reached only by extraction 22 feature without any image pre-processing.

5. CONCLUSION

In this study, we propose an artificial intelligence model to classifying between the types of brain tumor. The proposed model can classify the type among the images and categorize it to one of the three types easily and efficiently. In this model, each image has to go through two stages. In the first stage, 22 texture features have been extracted from the image. While in the second stage after features extraction then trainig the model to classify by using an Artificial neural network (ANN). To train the ANN Levenberg-Marquardt backpropagation algorithm have been used. The experimental results of ANN with one input layer with 22 nodes, one hidden layer with 32 nodes, and one output layer with 3 nodes show that the accuracy of the proposed model is very competitive and the proposed model can be used in real applications since it is faster than those proposed in the literature. However, we recognized that more data sets can be collected and other kinds of machine learning models can be proposed.. The experimental results of ANN with one input layer with 22 node, one hidden layer with 32 nodes, and

one output layer with 3 nodes show that the accuracy of the proposed model is very competitive and the proposed model can be used in real applications since it is faster than those proposed in literature. However, we recognized that more data sets can be collected and other kinds of machine learning models can be proposed.

REFERENCES

Bhattacharyya, Debnath, and Tai-hoon Kim,"Brain tumor detection using MRI image analysis." *International Conference on Ubiquitous Computing and Multimedia Applications*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2011

Balasubramanian, VijayaLakshmi, Vasudev Mohan," Kernel-based PSO and FRVM: An automatic plant leaf type detection using texture, shape, and color features", *Computers and Electronics in Agriculture*, Volume 125, Pages 99–112, July 2016.

Harikumar, Rajaguru, and Sunil Kumar Prabhakar. "Oral cancer classification from hybrid ABC-PSO and Bayesian LDA." *Communication and Electronics Systems (ICCES), 2017 2nd International Conference on*. IEEE, 2017.

Gopal, N. Nandha, and M. Karnan. "Diagnose brain tumor through MRI using image processing clustering algorithms such as Fuzzy C Means along with intelligent optimization techniques." *Computational Intelligence and Computing Research (ICCIC), 2010 IEEE International Conference on*. IEEE, 2010.

Moré, J. J. (1978). The Levenberg-Marquardt algorithm: implementation and theory *Numerical analysis* (pp. 105-116): Springer.

Rehman, Atiq Ur, Aasia Khanum, and Arslan Shaukat. "Hybrid Feature Selection and Tumor Identification in Brain MRI Using Swarm Intelligence." *Frontiers of Information Technology (FIT), 2013 11th International Conference on*. IEEE, 2013..

Zulpe, Nitish, and Vrushsen Pawar, "GLCM textural features for brain tumor classification." *International Journal of Computer Science Issues (IJCSI)* 9.3 (2012): 354.

BARET KAZIKLARIN EKSENEL YÜK ALTINDAKİ DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

Merve ERGİNER
İskenderun Teknik Üniversitesi
Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
merveerginer.mfbe18@iste.edu.tr

Murat ÖRNEK
İskenderun Teknik Üniversitesi
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü
murat.ornek@iste.edu.tr

Yakup TÜREDİ
İskenderun Teknik Üniversitesi
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü
yakup.turedi@iste.edu.tr

Özet
Temeller yapılardan gelen yükleri zemine aktaran, yüzeysel veya derin temel sistemi olarak tasarlanan taşıyıcı elemanlardır. Zemin koşulları ve yapı yükleri göz önüne alındığında yüzeysel temeller yeterli değil ise derin temel sistemlerine başvurulmaktadır. Derin temel sistemi olarak yaygın olarak dairesel kesitli fore kazıklar uygulanmakta olup farklı geometrilerde kazıklar da üretilebilmektedir. Günümüzde uygulamaları giderek artan dikdörtgen kesitli baret kazıklar, aynı kesit alanına sahip klasik dairesel kesitli kazıklara göre daha fazla çevre sürtünmesine sahip olduğundan daha fazla taşıma kapasitesine sahiptir. Bu durumda dairesel kesitli kazıklardan daha küçük kesit alanına sahip baret kazıklar kullanılarak planlanan taşıma kapasitesine ulaşılabilmektedir. Bu da daha az malzeme kullanımı dolayısıyla daha ekonomik bir kazık üretimi gerçekleştirilmesine olanak sağlamaktadır. Baret kazıklar zemin ortamı, yapı yükleri, uygulama şartları ve ekonomi gibi etkenlere bağlı olarak H, Y, +, T, I gibi farklı geometrik kesitlerde de üretilebilirler. Bu çalışma kapsamında, baret kazıkların taşıma kapasitesini belirlemek amacıyla laboratuvar ortamında dikdörtgen kesitli model kazıklar üretilmiştir. Model kazıklar gerçek baret kazık boyutlarının 1/10 ve 1/20 ölçeğinde, her bir ölçekte 5 adet olmak üzere toplamda 10 adet olacak şekilde üretilmiştir. Model ölçekte üretilen baret kazıklar üzerinde laboratuvar ortamında gevşek zemin durumunda eksenel basınç yükleme deneyleri yapılmış ve yük altında baret kazığın davranışı incelenmiştir. Aynı zamanda baret kazıklar arasındaki ölçek etkisi de ele alınmıştır.

Anahtar kelimeler: Baret kazık, laboratuvar model deneyleri, ölçek etkisi

INVESTIGATION OF AXIALLY LOADED BARRETTE PILE BEHAVIOR

Abstract
Foundations are designed as a shallow or deep foundation system that transfer the loads from the structures to the soil. Considering the soil conditions and structural loads deep foundation systems are used when shallow foundations are not sufficient. Circular shaped bored piles are widely used as deep foundation system, and piles with different geometries can also be produced. Rectangular barette piles, which are increasingly used today, have more bearing capacity than classical circular piles with the same cross-sectional area, because of the friction effect. In this case, the planned bearing capacity can be achieved by using barrette piles with a smaller cross section compared with circular piles. This will provide a more economical pile production due to the use of less material. Barrette piles can be produced in different geometrical sections such as H, Y, +, T, I depending on factors such as soil environment, structural loads, construction conditions and economy. In this study, rectangular shaped model piles were produced in the laboratory to determine the bearing capacity. A total of 10 model piles were constructed in 1/10 and 1/20 scale of real barrette pile dimensions, 5 in each scale. The laboratory model

tests were performed on the barrette piles buried on the loose sand and then the behavior of the barrette piles was examined. Additionally, the scale effect was introduced from the test results.

Keywords: Barrette pile, laboratory model tests, scale effect

1. GİRİŞ

Temeller yapılardan gelen yükleri zemine aktarırlar. Yapı yüklerinin aktarıldığı zemin ortamları inşa edilen yapı için uygun olmalıdır. Zemin ortamı aktarılan yükü taşırken, zeminde farklı oturmalar meydana gelmemeli ve oturmalar izin verilebilir oturma değerleri sınırları içerisinde kalmalıdır. Bu durumdan zemin ortamlarının inşa edilecek yapı için oldukça önemli olduğu ve zeminlerin yük altındaki davranışlarının iyi bilinmesi gerektiği anlaşılmaktadır. Zeminlerin yapı için uygun olmadığı durumlarda farklı çözüm yöntemleri kullanılarak mevcut zemin ortamında yapı inşa edilebilmektedir. Bu yöntemlerden biri zayıf zemin tabakasının geçilerek daha derindeki sağlam zemin tabakalarının taşıyıcı olarak kullanılmasıdır.

Derin temel uygulamalarının farklı yöntemleri bulunmakta olup zemin-arazi koşulları, ekipman, nakliye ve maliyet gibi etkenlere göre bir yöntem belirlenip uygulamalar yapılmaktadır. Ülkemizde yaygın olarak dairesel kesitli fore kazık uygulamaları kullanılsa da günümüzde baret kazıkların kullanımı da giderek artmaktadır.

Baret kazıklar, dikdörtgen kesitli fore kazıklar olarak bilinmektedir. Ancak yapı yükleri ve arazi koşullarına göre farklı geometrik kesitlerde de imal edilebilirler. Dikdörtgen kesitli baret kazıklar her türlü zeminde uygulanabilmekte ve kazık boyutları uzun kenar 2.20-3.0 m, kısa kenar 0.60-1.20 m arasında değişmektedir [Yıldız, 2011; Köpüklü, 2015; Yeşilbaş, 2019].

Seo ve arkadaşları (2009) tarafından tabakalı zeminde analitik yöntem ve sayısal analiz programı (ABAQUS) kullanılarak dairesel ve dikdörtgen kazıklara eksenel yükleme yapılmış, elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. İki yöntemle de elde edilen sonuçların birbirlerine yakın olduğu görülmüştür. Baret kazıkların dairesel kazıklara göre daha az deplasman yaptığı görülmüştür.

Zang (2003) tarafından Hong Kong'da yapılan çalışmada tabakalı zeminde iki adet dikdörtgen baret kazık üzerinde tam ölçekli yanal yükleme deneyleri yapılmıştır. Kesitleri ve uzunlukları farklı olan bu dikdörtgen baret kazıkların yanal yük etkisi altında FILPIER programı ile modellemesi yapılmış ve maruz kaldığı yük altındaki davranışı incelenmiştir.

Uncuoğlu ve Laman (2013) tarafından yapılan çalışmada farklı sıkılıktaki zemin ortamlarında farklı enkesit geometrisine sahip ve farklı malzemeden yapılmış model kazıkların yanal yük altındaki davranışı incelenmiştir.

Wakil ve Nazir (2013) tarafından laboratuvar ortamında 3 farklı kesitte baret kazık kullanılarak toplam 28 adet model deney gerçekleştirilmiştir. Deneylerde kum zeminde baret kazıklar yanal yük etkisine maruz bırakılmış ve kum yoğunluğunun, baret kazıkların en / boy oranının, yükleme yönünün ve eksantrik yüklemenin etkisi araştırılmıştır. Ayrıca ölçek etkisinden bahsedilerek küçük ölçekli modellerin tam ölçekli model deneyleri, santrifüj model deneyleri ve sayısal çalışmalar için faydalı bir temel sağladığı belirtilmiştir.

Okar (2018) tarafından kum zeminde, gevşek ve sıkı zemin durumları için yanal yüke maruz kalan baret kazıkların davranışını incelemek amacıyla laboratuvar ortamında model deneyler yapılmıştır. Kare, dikdörtgen ve + kesitli profiller üzerinde 1/40 ölçekli laboratuvar deneyleri ile elde edilen veriler, Plaxis 3D sonlu elemanlar yöntemiyle elde edilen verilerle karşılaştırılmıştır. Çalışma ile farklı sıkılıktaki zemin durumlarında farklı kesit geometrisine sahip baret kazıkların yanal yük altında taşıma kapasitesi ve moment değerleri incelenmiştir.

Örnek (2009) tarafından yapılan çalışmada geogrid donatı kullanılarak doğal kil zeminde yüzeysel temellerin taşıma gücü ve oturma davranışları arazi ortamında incelenmiş, ayrıca Plaxis yazılımı ile iki

boyutlu ve üç boyutlu analizler yapılmıştır. Deneylerde ve sayısal analizlerde kullanılan temel boyutları referans alınarak ölçek etkisi analizi yapılmıştır.

Bu çalışma kapsamında, gerçek baret kazık boyutlarının 1/10 ve 1/20 ölçeğinde, her ölçekte 5 adet olmak üzere toplamda 10 adet beton baret kazık üretilmiştir. Laboratuvar ortamında gevşek zemin durumunda bu kazıklara eksenel basınç yüklemesi yapılmış ve yük altında baret kazıkların davranışı incelenmiştir. Aynı zemin durumu ve aynı yükleme koşullarında ölçek etkisi incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

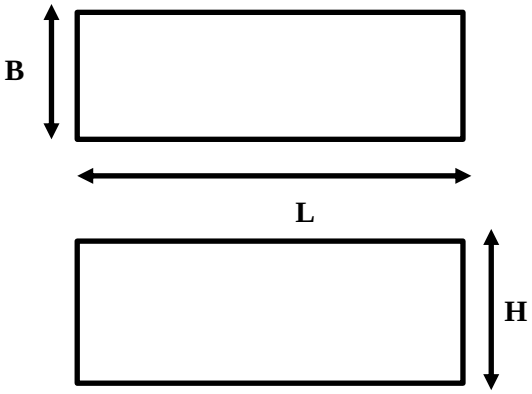
Baret kazıkların eksenel yük altındaki davranışını incelemek amacıyla yapılan deneylerde kullanılan zemininin mühendislik özelliklerini belirleyebilmek için birtakım deneyler yapılmıştır. Elek analizi, kesme kutusu deneyi, piknometre deneyi ve doğal birim hacim ağırlık deneyi yapılmıştır. Elek analizi ile zeminin sınıfı Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi'ne göre iyi derecelenmiş kum (SW) olarak belirlenmiştir. Kesme kutusu deneyi ile zeminin içsel sürtünme açısı $\varphi=33°$, kohezyon değeri $c=0.2$ kg/cm^2 olarak belirlenmiştir. Piknometre deneyi ile kumun birim hacim ağırlığı $\gamma_s=2.728$ g/cm^3, doğal birim hacim ağırlık deneyi ile kumun doğal birim hacim ağırlığı $\gamma_n=1.759$ g/cm^3 olarak elde edilmiştir.

Zeminin mühendislik özelliklerinin belirlenmesinin ardından deneylerde kullanılan model baret kazıklar üretilmiştir. Baret kazıklar gerçek kazık boyutlarının (80 cm genişlik, 280 cm uzunluk referans alınmıştır) 1/10 ve 1/20 ölçeğinde iki seri olarak üretilmiş olup deney programı Tablo 1'de verilmiştir. Tabloda, B ifadesi baret kazık genişliğini, L baret kazık uzunluğunu, H ise baret kazık boyunu ifade etmektedir. Şekil 1'de baret kazık kesiti gösterilmiştir.

Tablo 1. Deney Programı

Seri	Deney No	Kazık Türü	B (cm)	L (cm)	H (cm)	Kesit Alanı (cm^2)	Ölçek
1	**1**	Baret	8	28	8	224	1/10
	2	Baret	8	28	16		
	3	Baret	8	28	24		
	4	Baret	8	28	32		
	5	Baret	8	28	40		
2	**6**	Baret	4	14	8	56	1/20
	7	Baret	4	14	16		
	8	Baret	4	14	24		
	9	Baret	4	14	32		
	10	Baret	4	14	40		

Şekil 1'de verilen baret kazık kesitinde kazık genişliği (B) ve kazık uzunluğu (L) her seride kendi içerisinde sabit olarak alınıp baret kazık boyu değişken olarak seçilmiştir. Seri 1 ve Seri 2'deki tüm model kazıklar deney yapılırken kazık boyu kadar zemine gömülmüştür. Dolayısıyla yükleme baret kazığın yüzeyinden yapılmıştır. Deneyler yapılırken, basınç yükü yüklendiğinde eksantrisite oluşmasını engellemek ve tam merkezden yükleme yapabilmek amacıyla baret kazıkların üst yüzeyine ortası delik metal plakalar yapıştırılmıştır. Deneylerde kullanılan baret kazıklar Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Baret kazık kesiti



(a) 1/10 ölçekli



(b) 1/20 ölçekli

Şekil 2. Deneylerde kullanılan baret kazıklar

Deneyler iç ölçüleri 150cm x 120cm x 95cm olan dikdörtgen bir kasa içerisinde gerçekleştirilmiştir. Deney kasası, Şekil 3'te görüldüğü gibi kum ile yağmurlama yöntemiyle doldurularak gevşek zemin durumu elde edilmiştir. Dikdörtgen kesitli model baret kazıklar sınır etkisi oluşturmayacak şekilde deney kasasının kenarından 3L mesafesi kadar uzağa yerleştirilmiştir. Şekil 4'te zemine yerleştirilmiş baret kazık gösterilmiştir.



Şekil 3. Deney kasasının doldurulması

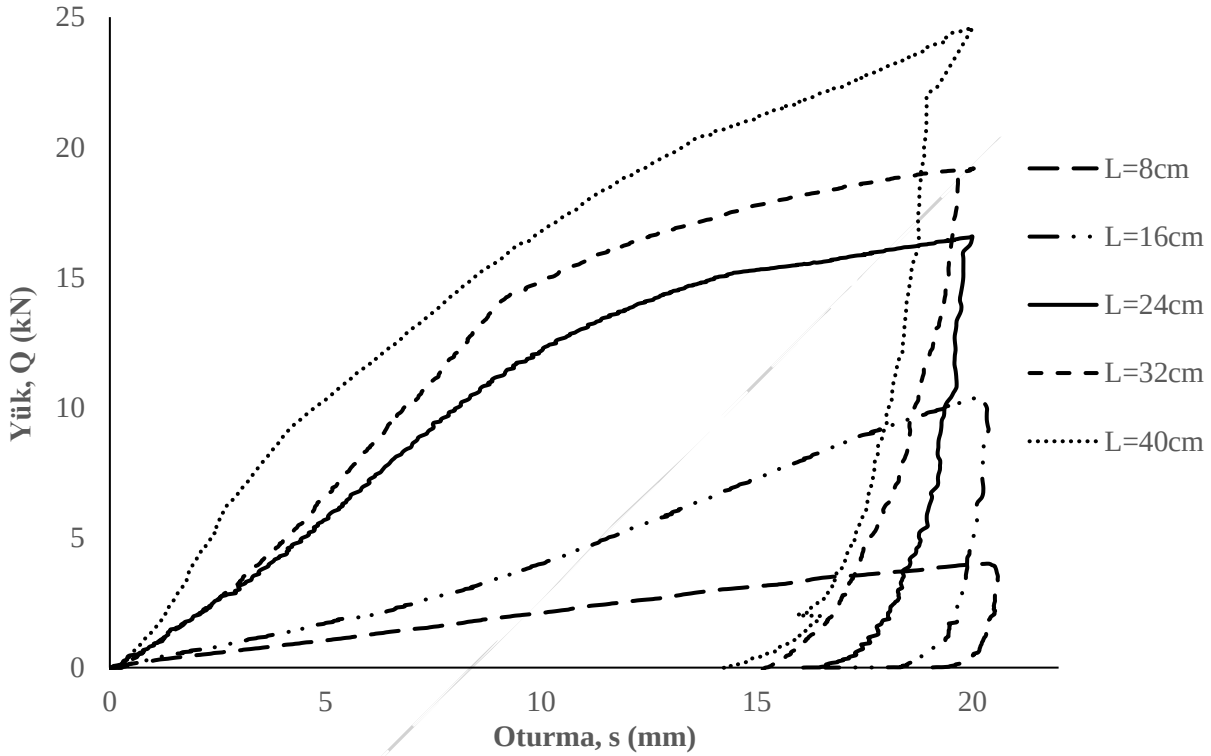


Şekil 4. Zemine gömülü baret kazık

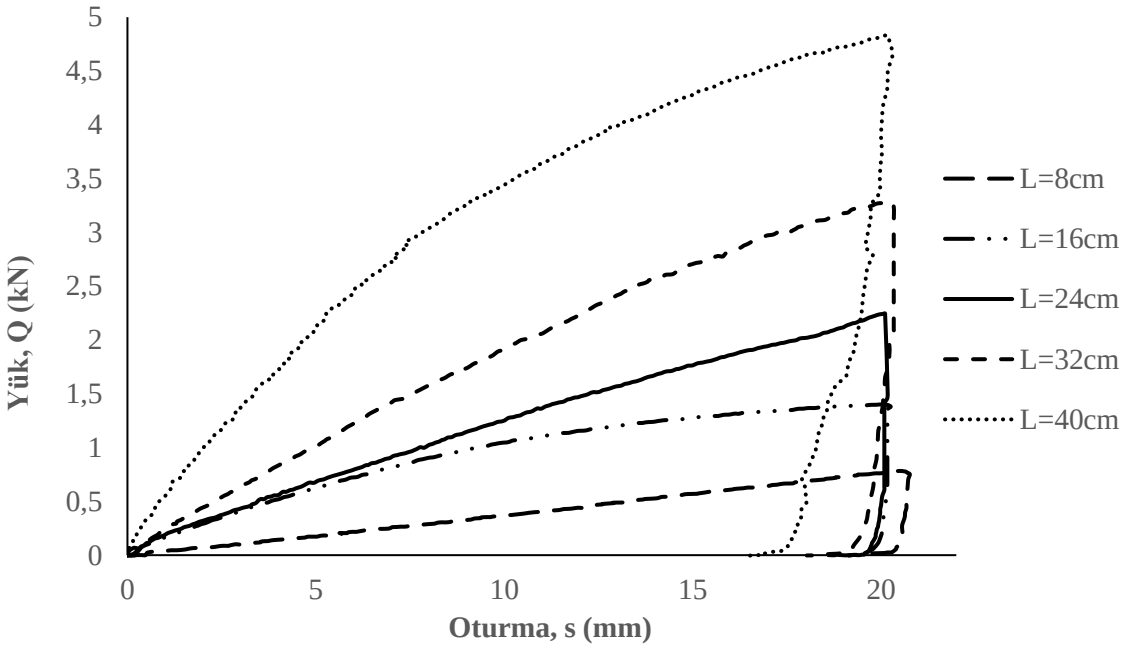
Zemin içine yerleştirilen baret kazıklar üzerinde eksenel basınç yüklemesi yapılmış ve yük altında oluşan oturma değerleri elde edilmiştir. Deneylerde yükleme yapılırken 20 mm oturma oluşuncaya kadar yükleme yapılmış, 20 mm oturma değerine ulaştıktan sonra yük boşaltılmıştır. Yükleme ve boşaltma boyunca oluşan oturma değerleri veri kaydetme ünitesine (ADU) aktarılmıştır. Aktarılan bu veriler bilgisayar ortamında analiz edilerek yük-oturma eğrileri oluşturulmuştur.

3. BULGULAR

Baret kazıkların eksenel basınç yükleri altındaki davranışını incelemek amacıyla yapılan model ölçekli deneyler sonucunda yük altında kazıkların oturma değerleri elde edilmiştir. Şekil 5 ve Şekil 6'da yük-oturma eğrileri verilmiştir.



Şekil 5. 1/10 ölçekli baret kazıkların yük-oturma eğrisi



Şekil 6. 1/20 ölçekli baret kazıkların yük-oturma eğrisi

Yukarıda verilen yük-oturma eğrilerinden aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır.

- Gevşek kum zeminde aynı kesit alanına sahip baret kazıklarda baret kazık boyu arttıkça belirli bir oturma değeri için kazığın taşıyabileceği yük miktarı artmaktadır.
- Seri 1 ve Seri 2'de yer alan baret kazıklar karşılaştırıldığında; aynı kazık boyuna sahip baret kazıklardan kesit alanı büyük olanının daha fazla yük taşıdığı belirlenmiştir.
- Baret kazıklarda ölçeğin 2 kat artmasıyla baret kazık taşıma kapasitesinin yaklaşık olarak 5 kat arttığı görülmüştür.
- Ölçek etkisinin araştırılması ile küçük ölçekli dikdörtgen baret kazıkların yük altındaki davranışından yola çıkılarak büyük ölçekli dikdörtgen baret kazıkların yük altındaki davranışı hakkında çıkarım yapılabilir. Böylece iş yükü ve maliyeti yüksek olan arazi deneyleri yerine laboratuvar ortamında küçük ölçekli model dikdörtgen baret kazıklar üzerinde yükleme deneyleri yapılarak tam ölçekli dikdörtgen baret kazıkların yük altındaki davranışı daha ekonomik ve daha kolay bir şekilde öngörülebilir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışma ile dikdörtgen kesitli baret kazıkların eksenel yük altındaki davranışına, baret kazık boyunun, ölçeğin ve dolayısıyla kazık kesit alanının etkisi araştırılmıştır. Çalışmada laboratuvar ortamında gerekli zemin koşulları sağlanarak model ölçekte deneylerle tam ölçekli deneyler hakkında çıkarım yapılabileceği ve böylece daha rahat şartlarda daha ekonomik deneyler yapılabileceği savunulmuştur. Çalışma sonuçları, baret kazık boyunun taşınan yük miktarını doğrudan etkilediğini göstermiştir.

KAYNAKLAR

Köpüklü, H. (2015). 'Baret Kazıklı Temeller İle İlgili Hesap Yöntemleri, İmalat Ve Kalite Kontrol Esasları', Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 199s.

Okar, M. (2018). 'Kum Zeminlerde, Yatay Yüklü Baret Kazıkların Davranışının Belirlenmesi', Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 149s.

Örnek, M. (2009). 'Yumuşak Kil Zeminlerin Geogrid Donatı İle Güçlendirilmesi', Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, 318s.

Seo, H., Basu, D., Prezzi, M., Salgado, R. (2009). 'Load Settlement Response of Rectangular and Circular Piles in Multilayered Soil', *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering,* 135(3), 420-430.

Uncuoğlu, E., Laman, M. (2013). 'Yanal Yüklü Kısa Kazıkların Davranışının Deneysel Olarak İncelenmesi', *İMO Teknik Dergi*, 24(116), 6257-6278.

Wakil, A. Z., Nazir, A. K. (2013). 'Behavior of Laterally Loaded Small Scale Barrettes in Sand', *Ain Shams Engineering Journal*, 4(3), 343-350.

Yeşilbaş, L. (2019). 'Baret Kazıklarla Şev Stabilitesinin İncelenmesi', Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, 282s.

Yıldız, K. (2011). 'Baret Kazıklı Temellerde Düşey Taşıma Kapasitesi', Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 143s.

Zang, L. M. (2003). 'Behavior of Laterally Loaded Large-Section Barrettes', *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 129(7), 639-648.

AKILLI ŞEBEKE UYGULAMALARINDA ORTA GERİLİM ENERJİ İZLEME SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ "BİR HAVAALANI ÖRNEĞİ"

Erol KÜÇÜK
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Kocaeli
erolkucuk81@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-8978-710X

Engin ÖZDEMİR
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Kocaeli
eozdemir@hotmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0882-332X

Özet

Akıllı şebeke kavramı, üretici ve tüketici arasında çift yönlü olarak sayısal haberleşmenin sağlanması amacıyla akıllı enerji izleme sistemlerinin elektrik güç sistemlerine eklenerek şebekenin sürekli izlenmesi, güncellenmesi ve sürekli güvenilir, kaliteli enerji dağıtımı yapılmasıyla birlikte bu görevler gerçekleştirilirken tüketicilerin güvenliğinin sağlanmasının da gerekli olduğu bir şebeke işletim yaklaşımıdır. Akıllı şebeke, güç sistemlerinin yönetilmesinde, güç sistemlerine kontrol ve haberleşme sistemlerinin entegrasyonu ile oluşturulan bir elektrik dağıtım şebeke uygulaması olarak da değerlendirilebilir. Akıllı şebeke uygulamalarıyla, enerjinin üretim noktasından, tüketim noktasına iletim ve dağıtımının her aşamasında gerçek zamanlı ve iki yönlü veri transferi sağlanarak, sürdürülebilir, güvenli ve enerji verimliliği yüksek bir enerji dağıtım altyapısı oluşturulması amaçlanmaktadır. Enerji dağıtım sektöründe, enerji dağıtım ağlarının işletimi sürecinde gerçek zamanlı verinin en büyük kullanıcılarından biri olmasının doğal sonucu olarak veri işleme ve veri iletimi teknolojileri doğal bir ihtiyaçtır. Gelecek dönemlerde elektrik dağıtım şebeke işletiminin daha verimli hale getirilmesi ve tedarik sürekliliğini sağlamak üzere akıllı şebeke yatırımlarının artması beklenmektedir. Akıllı şebeke uygulamalarına uyumlu olmayan mevcut tesislerin ise modernizasyon yolu ile akıllı şebeke uygulamalarına entegre edilmesi en ekonomik ve hızlı çözümdür. Orta gerilim sistemlerinde transformatörler üzerine takılabilen düşük güçlü akım ve gerilim sensörlerinin kullanımı ve bu sensörler ile çalışabilen ölçü, kontrol ve haberleşme özelliklerine sahip cihazların varlığı mevcut sistemlerin modernizasyonu konusunda alternatif seçenekler sunmaktadır.

Bu çalışmada, enerjinin ve dağıtım sistemi varlıklarının daha verimli kullanımı için yeni nesil elektrik güç sistemleri olarak adlandırılan akıllı şebekeler (Smart Grid) ve orta gerilim enerji izleme sistemlerine uygulanması konusundaki araştırmalar açıklanmaktadır. Ayrıca bir uygulama örneği olarak küçük bir havaalanında orta gerilim dağıtım sisteminde enerji izleme uygulaması verilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Akıllı Şebeke, Enerji Otomasyonu, LPVT, LPCT, SCADA

INVESTIGATION OF MEDIUM VOLTAGE ENERGY MONITORING SYSTEMS IN INTELLIGENT SMART GRID APPLICATIONS "AN EXAMPLE OF AN AIRPORT"

Abstract

The concept of smart grid is a network operation approach in which it is necessary to continuously monitor and update the network by adding smart energy monitoring systems to electrical power systems in order to provide two-way digital communication between the producer and the consumer and addition these to ensure the safety of consumers while performing these tasks. Smart grid is an electricity distribution network application created by the integration of control and communication systems to power systems in the management of power systems. With smart grid applications, it is aimed to establish a sustainable, safe and highly energy efficient energy distribution infrastructure by providing real-time and bidirectional data transfer at every stage of the transmission and distribution of energy from the point of production to the point of consumption. As a natural consequence of the fact that the energy distribution industry is one of the largest users of real-time data in the process of operating energy distribution networks, data processing and data transmission technologies are a natural need. In the coming periods, it is expected that smart grid investments will increase in order to make electricity distribution network investments more efficient and to ensure continuity of supply. It is the most

economical and fastest solution to integrate existing facilities that are not compatible with smart grid applications into smart grid applications through modernization. The use of low-power current and voltage sensors that can be mounted on transformers in medium voltage systems and the presence of devices with measurement, control and communication features that can work with these sensors offer alternative options for the modernization of existing systems.

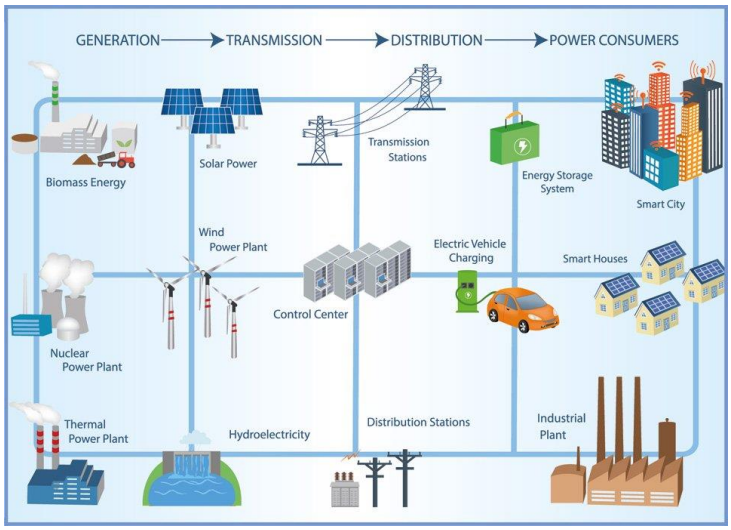
In this study, research on the application of smart grids named as new generation electrical power systems and a medium voltage energy monitoring systems for more efficient use of energy and distribution system assets are explained. In addition, as an application example, an example of energy monitoring application in medium voltage distribution system in a small airport is given.

Keywords: Energy Automation, LPVT, LPCT, SCADA, Smart Grid

GİRİŞ

Küresel ölçekte fosil yakıt kaynaklarının azalması ve maliyetlerinin artması, Rusya ve Japonya gibi ülkelerde yaşanan nükleer santrallerde yaşanan kazalar gibi nedenlerle alternatif, yenilenebilir ve güvenli enerji kaynağı arayışına sebep olmuştur. Bu amaçla rüzgâr, güneş, dalga, gel-git, biokütle gibi YEK'lerin (Yenilenebilir enerji kaynakları) dağıtım sistemine bağlanması ile çift yönlü enerji akışı mevcut dağıtım sistemlerinde problemler ortaya çıkarmıştır. YEK'lerden elde edilen enerji doğa şartlarının etkisiyle dinamik olarak değiştiğinden dağıtım sisteminde ortaya çıkan problemler de dinamik olmakta, hızlı karar verme ve uygulamayı gerekli kılmaktadır. Gsm, gprs, adsl, lorawan gibi iletişim teknolojilerindeki gelişmelerin geleneksel kontrol cihazlarına uygulanmasıyla bu ölçme ve kontrol ekipmanlarının hızlı algılama, karar verme, uygulama ve çift yönlü haberleşme özellikleri kazanmasıyla enerjinin üretiminden son tüketiciye kadar, izlenmesini ve kontrolünü içine alan akıllı şebeke kavramı ortaya çıkmıştır. Şekil 1'de akıllı şebeke yapısı görülmektedir. İletişim ve kontrol olanaklarının artması talep tarafının kontrolünü de mümkün kılmıştır. Enerjinin sürekliliğinin ve kalitesinin arttırılması amacıyla dağınık yapıdaki enerji üretim, iletim ve dağıtım merkezlerinin enerji dağıtım şirketleri tarafından SCADA sistemleri ile izlenmesi ve kontrolünü beraberinde getirmekle birlikte dağıtım şirketlerinin anlık veri talebini de büyük ölçüde arttırarak en büyük anlık veri kullanıcısı durumuna gelmişlerdir. Geniş ağlarda anlık veri transferinde gsm-gprs altyapısının kullanımından kaynaklanan iletişim maliyetlerinin ve gsm şebekesine olan bağımlılığın artması nedeniyle yenilikçi haberleşme altyapılarının geliştirilerek pilot projelerin hataya geçirilmesi tavsiye edilmektedir.(TAS 2023 (2020)) Dağınık yapıdaki bu sistemlerin birbirleri ile ve SCADA merkezi ile iletişiminde anlık verinin güvenli bir şekilde iletilmesi için yerel ve seri ağlarda Modbus-RTU, IEC60780-1, IEC60780-3 gibi protokoller kullanılırken Ethernet tabanlı ağlarda IEC60780-4, IEC61850 gibi iletişim protokolleri geliştirilerek standartlaştırılmıştır.

Ülkemizde OG dağıtım sistemleri 30 kV (31.5, 33, 34.5), 15, 10.5 ve 6.3 kV olmak üzere dört farklı seviyededir. (ÖZAY Nevzat, GÜVEN Nezih 1996/2) 30 kV seviyesinde anahtarlama metal mahfazalı hücreler ile gerçekleştirilmekte, 15 kV ve daha düşük seviyelerde ring yapılı dağıtım düzeninde RMU (Ring main unit) hücreler kullanılabilmektedir. Modern RMU paneller akıllı şebeke uygulamalarına uyumlu koruma ve kontrol cihazları ile donatılsa da eski sistemlerde bu özellikler bulunmamaktadır. Enerjinin sürekliliğinin ve kalitesinin önemli olduğu sektörlerde faaliyet gösteren büyük ve orta ölçekli işletmeler, işletme içi dağıtım sistemlerini izlemek, kontrolünü sağlamak, tüketim ve arıza analizleri yapabilmek gibi amaçlarla Enerji izleme SCADA merkezlerini kurmaya başlamışlardır. Bu tür işletmelerde enerji dağıtımı 15 kV ve altındaki OG (Orta Gerilim) seviyesinde olabildiğinden dağıtım mesafelerinin kısa olması nedeniyle kurulum maliyetlerinin daha uygun olması, modüler yapısından dolayı esnek konfigürasyon imkânı, düşük hacimli olması gibi avantajları gibi nedenlerle RMU hücreler tercih edebilmektedirler. ***Şekil 2***'de RMU hücre örneği görülmektedir. Yeni tasarlanan projelerde güç sistemleri enerji izleme sistemi uygulamalarına uyumlu olarak planlanmakla birlikte halihazırda kullanılmakta olan güç sistemleri de bu sisteme uygun olarak modernize edilebilmektedir. Bu yaklaşımın maliyet avantajı sağlamasının yanında sahada kısa sürede gerçekleştirilebilir olması enerji kesintisini süresini de kısaltmaktadır.



Şekil 1. Akıllı şebeke yapısı

Veri toplama sistemi (SCADA- Supervisory Control and Data Acquisition), koruma ve kontrol sistemleri bütünleştirilmiş bir sistemde kullanıcının akıllı elektronik cihazlar ile etkileşimini sağlar. (YENİLMEZ M, 2016) Enerji izleme sistemlerinde gerilim, akım, Cos ϕ temel büyüklükleri ölçülüp, bu ham verilerden aktif güç, reaktif güç, kapasitif güç, tüketilen enerji, üretilen enerji gibi birçok faydalı bilgi üretilerek SCADA merkezine iletilir ve ileride analiz edilmek üzere veri tabanında kayıt altına alınır. Oluşan büyük verinin (Big Data) uygun yazılımlar kullanılarak analiz edilmesiyle dağıtım sistemi ile ilgili anlık veya geçmişe dönük raporlar oluşturulabilir.



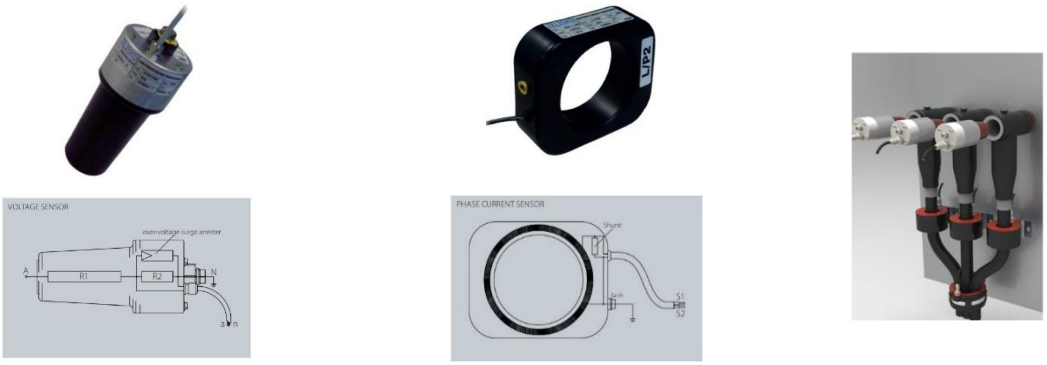
Şekil 2. RMU hücre

ENERJİ İZLEME SİSTEMİ

Mevcut enerji dağıtım sistemlerinin modernizasyonu ve enerji izleme sistemine entegrasyonu için temel unsur LPVT ve LPCT sensörlerini giriş olarak kabul eden haberleşme özelliğine sahip akıllı elektronik cihazlardır. Düşük güçlü sensörlerin analog çıkış değeri OG sistemlerde standart hale gelmiş gerilim trafoları için x/(100-110-115-120)/$\sqrt{3}$ V ve akım trafoları için x/5A sekonder çıkışlı ölçü transformatörlerinden farklıdır.

IED, Akım ve Gerilim Sensörleri

Şekil 3 (a)'da örneği görülen LPVT sensörü için analog çıkış değeri 20000/$\sqrt{3}$ /3,3V/$\sqrt{3}$ V olup IEC 60044-8 standardına uygun olarak imal edilir. ***Şekil 3*** (b) 'de örneği görülen LPCT sensörü için analog çıkış değeri ise 100A/22,5mv olacak şekilde IEC 60044-7 standardına uygun olarak imal edilirlerek ölçülecek akım büyüklüğüne göre imalat safhasında kalibre edilir. Gerilim sensörlerinin RMU veya güç transformatörlerine bağlantısı için geliştirilmiş T-konnektör ***Şekil 3*** (c)'de görülmektedir.



(a) Düşük güçlü voltaj transformatörü

(b) Düşük güçlü akım transformatörü

(c) Bağlantı yöntemi T-konnektör

Şekil 3. Düşük güçlü sensörler ve T-konnektör kablo bağlantı teknolojisi

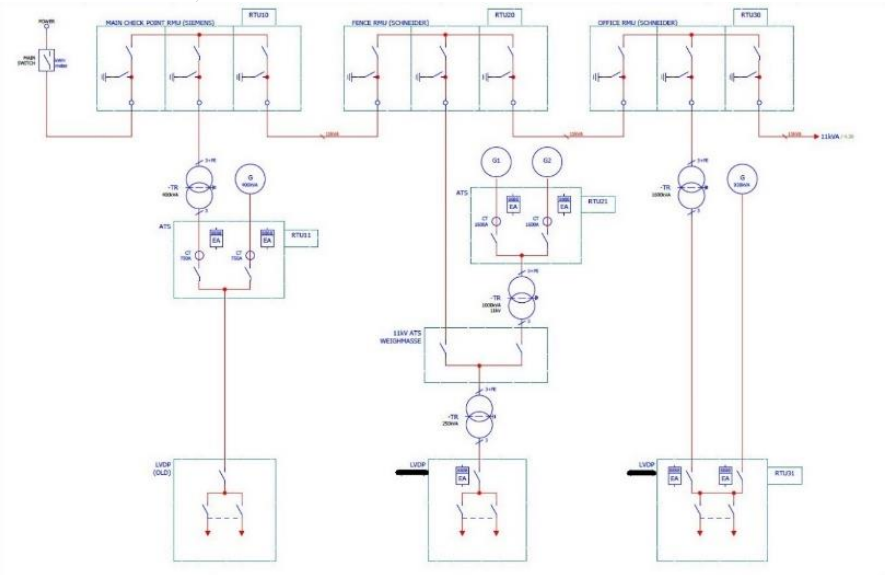
Mevcut RMU panolarının modernizasyonu için RMU çıkışılarına veya güç transformatörü buşinglerine bağlanan akım ve gerilim sensörlerini harici olarak tasarlanan RTU (Remote terminal unit) panosuna montajı yapılabilecek küçük ebatlı Şekil 4'te görülen LPVT ve LPCT uyumlu IED (Intelligent Electronic Devices) ile okunarak izleme sistemine entegrasyonu mümkündür. Aynı zamanda örnek olarak verilen IED cihazı ANSI 27, 50,50N,51,59,79 koruma fonksiyonlarına sahip olup RMU panosu çıkış fider kesicisini control edebilir özelliktedir.



Şekil 4. LPVT ve LPCT uyumlu IED

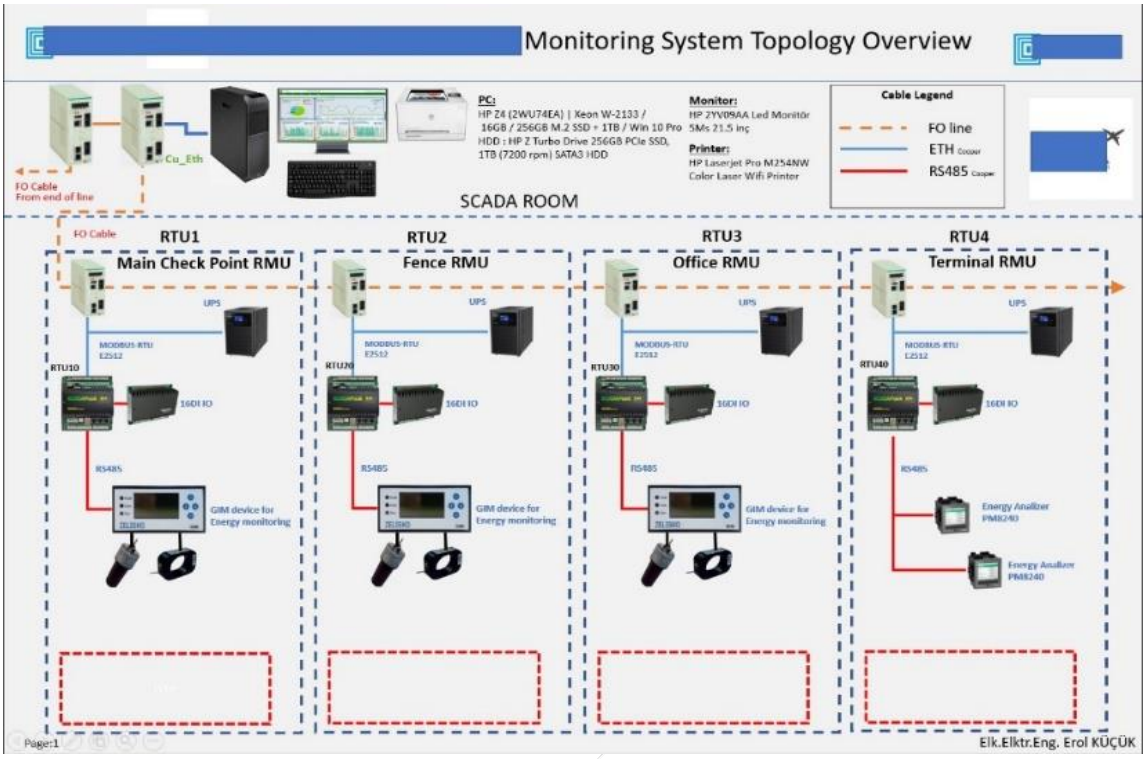
OG-AG Enerji Dağıtım Sistemi

Bir havaalanına ait ring yapıdaki enerji dağıtım sisteminin tek hat şeması **Şekil 5**'de görülmektedir. Sistemde 10 farklı bölümde 1 adet RMU ve RMU fider çıkışına bağlı transformatör ile 1 adet AG (Alçak gerilim) ADP (Ana Dağıtım Panosu) bulunmakta olup toplam 20 adet RTU (Remote terminal unit) panosu bulunmaktadır.



Şekil 5 Tekhat şeması

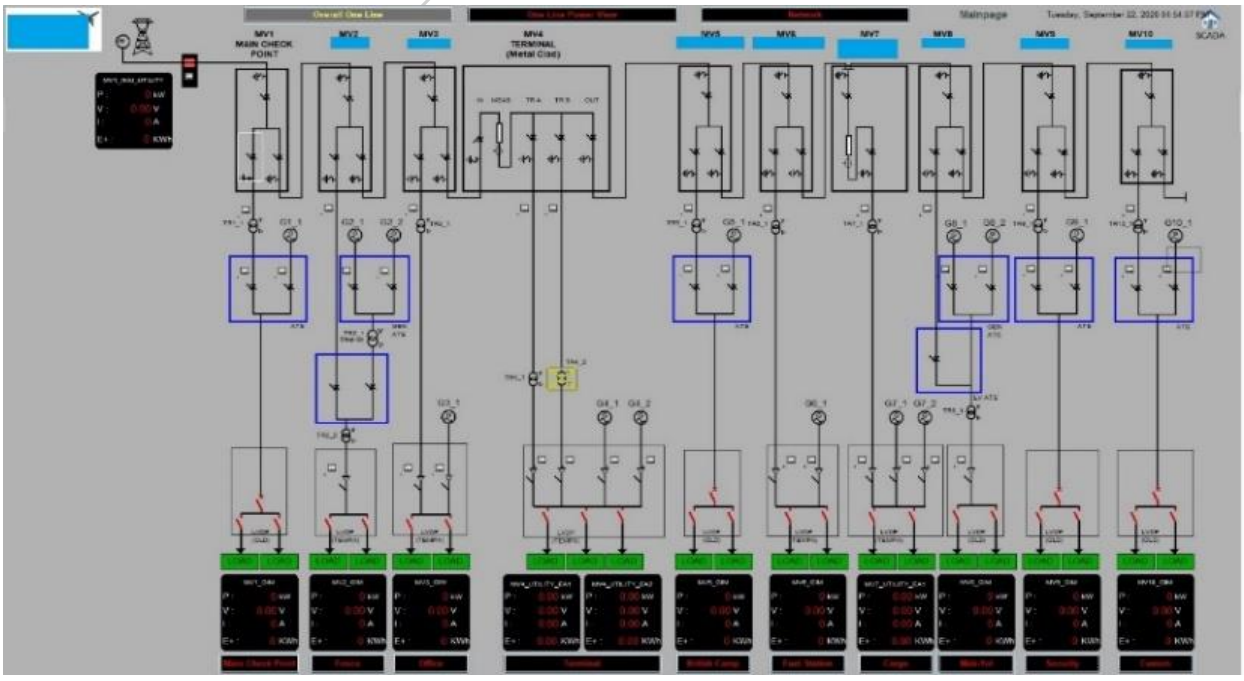
Güç trafolarını izlemek için tasarlanan RTU panolarında **Şekil *4***'te görülen IED cihazı bulunmaktadır. IED cihazı tarafından ölçülen bilgiler Modbus-RTU protokolü ile ScadaPack RTU cihazı tarafından okumakta ve Modbus-TCP protokolü ile SCADA merkezine iletilmektedir. SCADA sisteminin topolojisi **Şekil *6*** 'da verilmiştir.



Şekil 6 Uzaktan izleme sistemi ağ topolojisi

SCADA Ekranı

Sistemde bulunan tüm ekipmanlar SCADA yazılımında oluşturulduktan sonra kullanıcı ile etkileşimi sağlayan ekranlar tasarlanabilir. Şekil 7'de Tek hat şeması SCADA ekranı görülmektedir.



Şekil 7 Tek hat şeması SCADA ekranı

Maliyet Analizi

Bir OG dağıtım sisteminin akıllı şebeke uygulamasına uyumlu hale getirilerek SCADA izleme sistemi kurulması için gerekli maliyet unsurları yeni ürün-modernizasyon karşılaştırması yapılarak ortaya çıkan maliyet unsurları detaya girilmeden **Tablo 1.**.'de verilmiştir. Örnek olarak verilen havaalanı sisteminde 10 dağıtım bölgesinin olduğu kabulü ile yapılan ve maliyet unsurlarındaki farkları dikkate alarak hazırlanmış maliyet tablosu ise Tablo 2.'de gösterilmiştir. Maliyet tablosunda ortak maliyet unsurları dikkate alınmamasının nedeni RMU panolarının modernizasyonun oluşturduğu maliyet farkını göstermesinin amaçlanmasıdır.

Tablo 1. Maliyet unsurları

Yeni Ürün	Modernizasyon
Yeni OG dağıtım panosu	RTU panosu
Nakliye masrafları	Nakliye masrafları
Demontaj maliyeti	------
Montaj maliyeti	Montaj maliyeti
Devreye alma	Devreye alma
Yazılım	Yazılım
Proje geliştirme	Proje geliştirme
SCADA PC	SCADA PC
Network	Network

Tablo 2. Donanım maliyetlerin karşılaştırılması

	Yeni Ürün	Modernizasyon	Birim sayısı	Yeni ürün Birim Maliyeti	Birim Modernizasyon Maliyeti
Yeni OG Dağıtım Panosu	155.430,00 €	-	10	15.543,00 €	-
RTU panosu	-	46.500,00 €	10	-	4.650,00 €
Konnektör Seti	-	8.500,00 €	10	-	850,00 €
Toplam	**155.430,00 €**	**55.000,00 €**		**15.543,00 €**	**5.500,00 €**

Birim maliyetler karşılaştırıldığında tartışılan modernizasyon seçeneğinin maliyeti şalt panolarının değişim maliyetinin %35,39 'ine gerilemektedir. Bir başka ifadeyle şalt teçhizatının modernizasyonu %64,61 oranında tasarruf sağlamaktadır.

SONUÇ

Yapılan çalışma, OG sistemlerinin modernize edilerek akıllı şebeke uygulamalarına uyumlu hale getirilmesiyle kurulum maliyetlerinde tasarruf sağlanabileceği, kurulum çalışması süresinin yeni kuruluma göre daha kısa sürede tamamlanabilmesi nedeniyle enerji kesinti süresinin daha kısalmasıyla üretim ve hizmet kayıplarını azaltabileceği ve modernize edilen dağıtım sistemi varlıklarının izleme ve raporlama teknolojisinin desteği ile faydalı ömürlerinin uzatılarak güvenilirliğini de arttırdığı gibi önerilen modernizasyon yönteminin mevcut haberleşme altyapısına kolaylıkla entegre edilebileceğini göstermiştir.

LPVT ve LPCT sensörlerini kullanan IED 'lerin sıklıkla kullanılan koruma fonksiyonlarına sahip olması RMU panolarının fonksiyonlarını arttırarak yalnızca izleme değil kontrol uygulamalarında kullanılmasını da mümkün kılmakla birlikte cihazı programlama ve devreye alma için gerekli yazılımın

ücretsiz olması ek yatırım maliyeti oluşturmaz. Yatırım maliyetindeki iyileşmenin dikkat çekici seviyede olmasının yanında yukarıda bahsedilen avantajların da etkisiyle mevcut sistemlerin modernizasyonunda bu yönteme dayanan uygulamaların gelecekte artması öngörülmektedir.

TARTIŞMA

Bu çalışma, akıllı şebeke uygulamalarına uyumlu olmayan eski sistemlerin modernizasyon imkânı bulunduğunu göstermesi açısından önemlidir. Akıllı şebeke kavramı hayatımıza son yıllarda girmiş olası nedeni ile mevcut OG dağıtım sistemlerinin bu yapıya dönüşümde mevcut sistemlerin modernizasyonu ülkemizin kaynaklarının korumasına olumlu olarak yansıyacağı açıktır. OG dağıtım sistemlerinde kullanılan kontrol ekipmanlarının büyük çoğunluğunun ithalata bağımlı olması ve yerli ikame ürünlerin bu ürün grubu için bulunmaması nedeniyle teknolojik dönüşüm için ihtiyaç duyulan ithalatı da azaltarak ülkemiz ekonomisine katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Stok maliyetleri nedeniyle proje bazlı yapılan yurtdışından ürün tedarik sürecinde gecikmelerin ortadan kalkmasıyla projelerin uygulama süreleri de kısalacağı öngörülmektedir.

LPVT sensörlerinin gerilim dayanımı 20 kV seviyesi ile sınırlı olması nedeni bu sensörler 36 kV dağıtım sistemlerinin modernizasyonunda kullanılamamaktadır. 36 kV gerilim seviyesinde sensörlerin geliştirilerek kullanıma sunulması bu alandaki açığı kapatılabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

ÖZAY Nevzat, GÜVEN Nezih (1996/2). Elektrik Dağıtım Sistemlerinde Orta Gerilim Seviyesinin Belirlenmesi, *Elektrik Mühendisliği*, 397,1.

TAS 2023 (2020), Türkiye Akıllı Şebekeler 2023 Vizyon ve Strateji Belirleme Projesi Özet Raporu, *TAS 2023*: syf 31.

YENİLMEZ M. (2016), Akıllı Şebekelerde (Smart Grid) Dağıtım Sistem Otomasyonundaki Gelişmeler, *Karabük Üniversitesi*, LİSANS TEZİ, KARABÜK, syf 17.

BERTARZİ, H., TSEBİA, M. ve ABDELMOUMENE, A. (2018), PMU based SCADA enhancement in smart power grid. Doha-KATAR: *Power Electronics and Power Engineering*, CPE-POWERENG, syf 1–6.

GAVRİLOV, D., GOUZMAN, M. ve Luryi, S. (2019) Monitoring large-scale power distribution grids.: *Solid-State Electronics*, Cilt 155, syf 57–64.

DONSOLLA, G., ve diğerleri. (2012) Impact of DER Integration on The Cyber Security of SCADA Systems–The Medium voltage Regulation Case Study. *Lisbon: CIRED Workshop*, syf 214.

XU, W., XU, G. ve YUAN, H. (2014) High performance distributed power quality monitoring IED used in smart grid. *Shenzhen China: 2014 China International Conference on Electricity Distribution (CICED), Electricity Distribution (CICED), 2014 China International Conference* on, September. syf 706-710.

DARWİSH, Khalid W. (2011) IT Integration in Power Distribution Substation, AADC Substations' Automation and Management. Abu Dhabi, United Arab Emirates: *2011 International Conference on Innovations in Information Technology*, April 2011, syf 25-27.

YELLAMANDAMMA, N., ve diğerleri (2009) Low Cost Solution for Automation and Control of MV Substation using MODBUS-SCADA. Kharagpur, INDIA: *2009 Third International Conference on Power Systems*, 27-29 December 2009.

KHELIFA, R. F. ve JELASSI, K. (2015) Supervisory control and monitoring of an electric power distribution. Monastir, Tunisia: *16th international conference on Sciences and Techniques of Automatic control & computer engineering STA'2015*, December 2015. syf 21-23.

LİZUNOV, I.N., MİSBAKHOV, R. Sh. ve BAGAUTDİNOV, I.Z. (2016) The Centralized System of Relay Protection and Automation for Substation of Medium Voltage. Kazan, Russia: *2016 2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing* (ICIEAM 2016).

EFFECTS OF *Thymbra spicata* L. (ZAHTER), A MEDICINAL PLANT, ON AGGREGATION PROPERTIES OF PROBIOTIC BACTERIUM *L. rhamnosus* GG

Ebru KÖROĞLU
Bartın University, Faculty of Science, Department of Molecular Biology and Genetics
ebrukoroglu14@gmail.com

Hasan Ufuk CELEBIOGLU
Bartın University, Faculty of Science, Department of Biotechnology
ufukcelebioglu@gmail.com

Abstract

Being one of the thyme species, *Thymbra spicata* L. (Zahter in Turkish) is grown in the eastern Mediterranean and the Black Sea region of Turkey. The essential oils and leaves of *Thymbra spicata* L. have different industrial uses such as the aroma of various food products, liquor production, herbal teas and spices for foods, antiseptic and antimicrobial agents in medicine.

It is known that plant origin compounds and beneficial microorganisms in the human digestive system interact and affect each other positively. Probiotic-enriched foods are products that can change the microbiota to create a beneficial effect on the host when taken in sufficient amount, and *lactobacillus* species are the most studied ones among probiotics.

With this study, effects of *Thymbra spicata* L. (Zahter) on aggregation properties of *Lactobacillus rhamnosus* GG, one of the probiotic bacteria, were investigated. For this, different concentrations of *Thymbra spicata* L. (Zahter) were added to the medium together with *L. rhamnosus* GG and their effects on bacterial growth kinetics, auto-aggregation and co-aggregation were examined.

The results showed that *Thymbra spicata* L. (Zahter) increased the autoaggregation of *L. rhamnosus* GG in a dose-dependent manner. In coaggregation experiments, while no significant change was observed in coaggregation with *E. coli*, an increase was observed with *S. aureus*. In conclusion, medicinal plants can have synbiotic interactions with probiotic bacteria in addition to their direct effects on host health.

Keywords: Auto-aggregation, co-aggregation, *L. rhamnosus* GG, medicinal plant, probiotics

1. INTRODUCTION

Medicinal and aromatic plants have become an integral part of daily life and culture all over the world for centuries. It is known that there are more than 10000 varieties of medicinal and aromatic plants consumed as food in the world. These plants were used as an antioxidant in cosmetics, medicine, and more recently in food technology (1,2). *Thymbra spicata* L. (Zahter), among medicinal plants within the *lamiaceae* family, is grown in the eastern Mediterranean and Black Sea regions in Turkey. The leaves are dried and used as herbal tea, spice and as an antiseptic agent in folk medicine (3). *Thymbra spicata* L. (Zahter) is a rich source of antioxidants such as flavonoids, terpenoids, and isoprenoids (4). Furthermore, it is known that *Thymbra spicata* L. (Zahter) extract has cholesterol-lowering properties, liver protective, and antioxidant effects (5,6). Oxidants accumulating in the body due to unbalanced nutrition, smoking and alcohol consumption affect our body functions negatively, thus the antioxidant effect of *Thymbra spicata* L. (Zahter) is an important feature in the prevention of such problems (7).

Functional foods are important in human health (8). Probiotics are living microorganisms that, when taken in sufficient amounts, have a beneficial effect on human health. In order for a microorganism to be used as a probiotic in a food, it must be of human origin, stimulate the immune system, be resistant to bile salt and stomach acid, and adhere to the intestinal surface (9). Different food products are produced by adding probiotic bacteria to foods and increases the demand for functional foods (10).

Probiotic bacteria are found in the human intestinal tract and are most actively located in the human colon (11). Lactic acid bacteria are the most well-known probiotic bacteria.

Lactic acid bacteria have been associated with food fermentation and their effects on nutrition and health in humans have been investigated (12). They have been shown to be effective in increasing the nutritional value of foods (13), controlling pathogens (14), controlling various gastrointestinal disorders (15), and improving lactose metabolism (16). *Lactobacillus rhamnosus*, one of best known and studied lactic acid bacteria, has a higher degree of mucosal surface adhesion than other *lactobacilli* species and is effective in intestinal permeability (17).

Plants and beneficial microorganisms in the body interact in the human digestive system and are known to have an effect on each other. The aim of this study is to examine the effects of *Thymbra spicata* L. (Zahter), a medicinal plant, on aggregation properties of *Lactobacillus rhamnosus* GG, a probiotic bacterium. For this, *Lactobacillus rhamnosus* GG was grown in the presence of *Thymbra spicata* L. (Zahter) ethnol extract in different concentrations and the bacterial growth kinetics, auto-aggregation and co-aggregation effects of zahter were investigated.

2. MATERIAL AND METHOD

2.1. *Thymbra spicata* L. Extraction

5 g of *Thymbra spicata* L. were extracted in 100 ml of ethanol overnight. Then, it was filtered through filter paper.

2.2. Growth of probiotic bacteria in the presence of *Thymbra spicata* L. extract and bacterial growth kinetics

Lactobacillus rhamnosus GG, which are kind gifts of Chr. Hansen, Turkey, were grown in Semisynthetic LAB medium without shaking, at 37ºC (18). The bacteria were divided into groups and treated with *Thymbra spicata* L. It was not added to the control group (LAMSEM only), and different concentrations of *Thymbra spicata* L. (62.5-500 µg/mL) was added to the treated groups in LAMSEM medium. Bacterial optical density was determined by densitometry. every four hour.

2.3. Probiotic Auto-Aggregation

Bacterial cells were collected in the stationary phase (3200xg, 15 min), washed with PBS and re-suspended in PBS to OD_{600} 0.5 (19). Auto-aggregation was determined by adding 4 mL of bacterial suspensions to the test tubes after vortex for 10 sec. for one hour-incubation at room temperature. After incubation, 100 µL of suspension was taken, added to the tube containing 900 µL of PBS, and the absorbance was measured at 600 nm. The percentage of auto-aggregation was calculated with the formula

$$\%\, Auto - aggregation = \left(1 - \frac{At}{A0}\right) \times 100$$

where At is the absorbance measured after incubation and A0 is the absorbance measured at 0^{th} hour (19).

2.4. Probiotic Co-Aggregation

The communities formed by microorganisms belonging to different species attached to each other are called co-aggregation (19). For this, the effects of probiotic bacteria on co-aggregation with *E. coli* and *S. aureus* bacteria, which are also pathogen strains, and co-aggregation with *Thymbra spicata* L. were determined. Grown *L. rhamnosus* GG cultures were centrifuged and washed with PBS and suspended

in PBS. Also *E. coli* and *S. aureus* were treated same and measurements for co-aggregation was performed as described above.

2.5. Statistical Analyses

Each experiment was done in triplicates and the results were subjected to either one-way ANOVA or Student's *t*-test. Alterations with $p<0.05$ was considered as statistically different.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Bacterial Growth Kinetics

In bacterial growth kinetics, a certain amount of time should pass for the bacteria to adapt to the new growth environment and after that they begin to multiply (20,21). In the present study, we examined the effects of *Thymbra spicata* L. extract on the growth kinetics of *L. rhamnosus* GG.

In this study, 62.5, 125, 250, and 500 µg/mL concentrations of *Thymbra spicata* L. were used. *Thymbra spicata* L. did not show any inhibition on the *L. rhamnosus* GG probiotic bacteria (Figure 1).

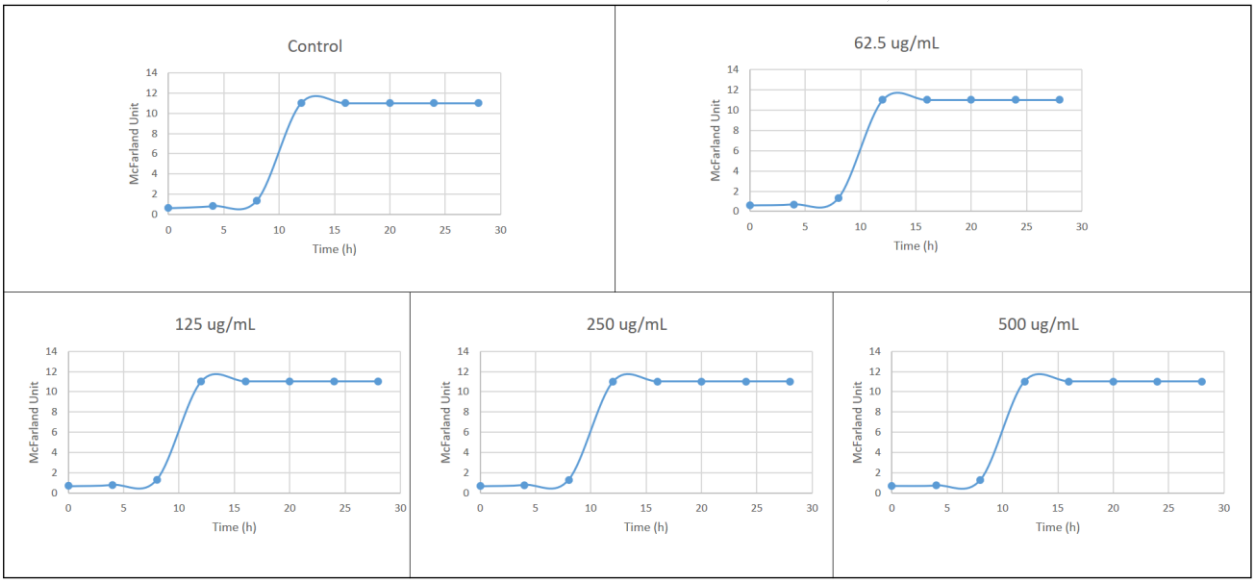


Figure 1: Growth kinetics of *L. rhamnosus* GG grown in the presence of *Thymbra spicata* L. ethanol extract.

3.2. Bacterial Co-Aggregation and Auto-Aggregation

The attachment of microorganisms to the epithelial surfaces is associated with both the hydrophobic properties and the aggregation properties of the cell surface. In order for probiotics to have a beneficial effect on the host, they must be of sufficient density with their aggregation properties. It is an important criterion for bacteria to have aggregation properties. Because they can colonize the epithelial surfaces predominantly and provide adhesion (22). Aggregation is divided into co-aggregation and auto-aggregation. The co-aggregation of the cell community formed by the attachment of microorganisms belonging to different species to each other is explained as auto-aggregation. While probiotics prevent colonization of pathogenic microorganisms with their co-aggregation abilities, auto-aggregation can also provide adhesion to intestinal epithelial surfaces(23,24).

When we look at the auto-aggregation results, depending on the dose, the aggregation of *L. rhamnosus* GG bacteria was significantly increased ($p<0.05$) compared to the control group (Figure 2).

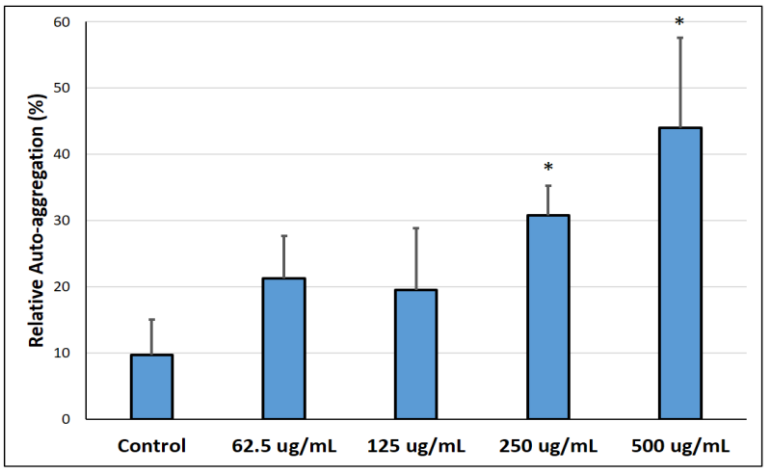


Figure 2: The effects of different concentrations of *Thymbra spicata* L. on the probiotic bacterium *Lactobacillus rhamnosus* GG on auto-aggregation. Asterisks (*) show that p <0.05 according to Student's t-test result compared to control groups.

When the results of co-aggregation were examined, it was seen that there was no significant change in co-aggregation with *E. coli*, but an increase with *S. aureus* (Figure 3). Increased co-aggregation could lead to more inhibition of pathogenic bacteria by the probiotics.

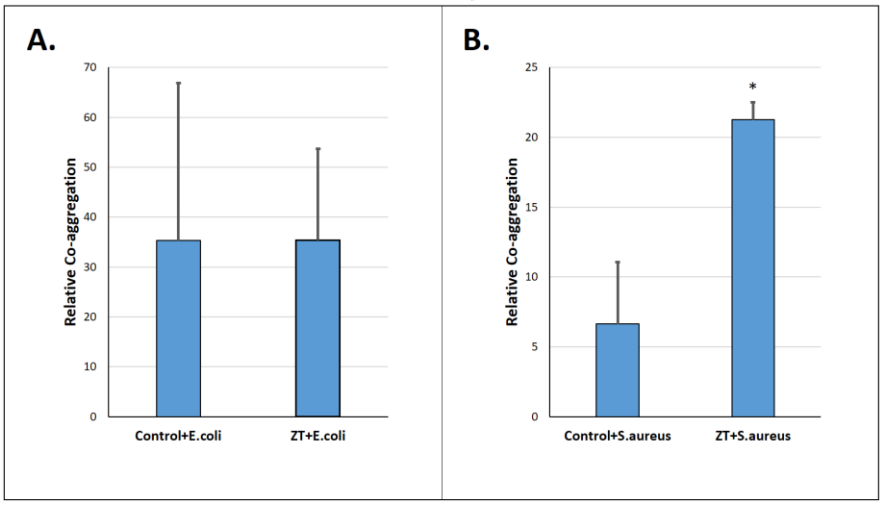


Figure 3: The effects of different concentrations of *Thymbra spicata* L. on pathogen bacteria A) *E.coli* and B) *S.aureus* coaggregation. Asterisks (*) show that p <0.05 according to Student's t-test result compared to control groups.

4. CONCLUSION

When we look at the results of the research in general, the increase in auto-aggregation and co-aggregation showed that bacteria could have better adhesion, and better inhibit pathogenic bacteria.

As a result, different concentrations of *Thymbra spicata* L. had different effects on the probiotic bacterium *Lactobacillus rhamnosus* GG, which reinforces the hypothesis that this plant may alter the physiological effects of probiotic bacteria depending on the dose.

Acknowledgement: The authors acknowledge Chr. Hansen, Turkey for the probiotic strain *Lactobacillus rhamnosus* GG.

REFERENCES

1) Nohutçu, L et al., 2019. Yabani Bitkilerin Korunması ve Sürdürülebilirlik. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *24*(2), 142-151.
2) Acibuca and Budak, 2018. Dünya'da ve Türkiye'de tıbbi ve aromatik bitkilerin yeri ve önemi. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, *33*(1), 37-44.
3) Ünlü, M et al., 2009. Chemical composition, antibacterial and antifungal activity of the essential oil of *Thymbra spicata L.* from Turkey. *Natural Product Research*, *23*(6), 572-579.
4) Hancı, S et al., 2003. Isolation of volatile oil from thyme (*Thymbra spicata* L.) by steam distillation. *Food/Nahrung*, *47*(4), 252-255.
5) Akkol, E. K et al., 2009. Cholesterol-reducer, antioxidant and liver protective effects of *Thymbra spicata* L. var. spicata. *Journal of ethnopharmacology*, *126*(2), 314-319.
6) Bozkurt, H 2006. Utilization of natural antioxidants: Green tea extract and *Thymbra spicata* oil in Turkish dry-fermented sausage. *Meat Science*, *73*(3), 442-450.
7) Köten and Satouf, 2019. Farklı Formülasyonlarda Kahvaltılık Zahter Üretimi Ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *GIDA*, *44*(3), 513-522.
8) Hill, C et al., 2014. Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nature reviews Gastroenterology & hepatology*, *11*(8), 506.
9) Göçer, E. M. Ç et al., 2016. Sindirim Sistemi Modellerinde Probiyotik Mikroorganizmaların Canlılığı. *Akademik Gıda*, *14*(2), 158-165.
10) Fuller, R., 2012. *Probiotics: the scientific basis*. Springer Science & Business Media.
11) Song et al., 2012. Recent application of probiotics in food and agricultural science. *Probiotics* 10, 1-34.
12) Masood, M. I et al., 2011. Beneficial effects of lactic acid bacteria on human beings. *Critical reviews in microbiology*, *37*(1), 91-98.
13) Touret, T et al., 2018. Putative probiotic lactic acid bacteria isolated from sauerkraut fermentations. *PLoS One*, *13*(9), e0203501.
14) Agarussi, M. C. N et al., 2019. Novel lactic acid bacteria strains as inoculants on alfalfa silage fermentation. *Scientific reports*, *9*(1), 1-9.
15) Zhong, L et al., 2014. Emerging roles of lactic acid bacteria in protection against colorectal cancer. *World journal of gastroenterology: WJG*, *20*(24), 7878.
16) Oak and Jha 2019. The effects of probiotics in lactose intolerance: a systematic review. *Critical reviews in food science and nutrition*, *59*(11), 1675-1683.
17) Capurso, L. 2019. Thirty years of *Lactobacillus rhamnosus* GG: a review. *Journal of clinical gastroenterology*, *53*, S1-S41.
18) Celebioglu, H. U et al., 2018. Plant polyphenols stimulate adhesion to intestinal mucosa and induce proteome changes in the probiotic *Lactobacillus acidophilus* NCFM. *Molecular nutrition & food research*, *62*(4), 1700638.
19) Kos, B. V. Z. E et al., 2003. Adhesion and aggregation ability of probiotic strain *Lactobacillus acidophilus* M92. *Journal of applied microbiology*, *94*(6), 981-987.
20) Mousavi, Z. E et al., 2011. Fermentation of pomegranate juice by probiotic lactic acid bacteria. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, *27*(1), 123-128.
21) Charalampopoulos, D et al., 2002. Growth studies of potentially probiotic lactic acid bacteria in cereal-based substrates. *Journal of Applied Microbiology*, *92*(5), 851-859.
22) Vlková, E., et.al., 2008. Auto-aggregation and co-aggregation ability in bifidobacteria and clostridia. *Folia microbiologica*, *53*(3), 263-269.
23) AKEPAER, M. Y., 2015, Bazı *enterococcus lactococcus* ve *pediococcus* bakterilerinin probiyotik özelliklerinin araştırılması (Doctoral dissertation, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı).
24) Demain, A. L. (1999). Pharmaceutically active secondary metabolites of microorganisms. *Applied microbiology and biotechnology*, *52*(4), 455-463.

DES ALGORİTMASININ DNA MODELLENMESİ İLE PERFORMANS ANALİZİ

Furkan Talo
Düzce Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Elektrik Elektronik Ve Bilgisayar Mühendisliği
Frkn_tl@hotmail.com

Esra Şatır
Düzce Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Bilgisayar Mühendisliği
esrasatir@duzce.edu.tr

Özet

DES (Data Encryption Standart) kullanıcılar tarafından günümüz de ki dijital ortamlarda en çok kullanılan modern blok metotlu simetrik şifreleme algoritmalarından bir tanesidir. Bu standart 64 bitlik bir veri bloklarını 56 bitlik bir anahtarı baz alarak şifrelenmesi ve şifreyi çözme yapabilmesi için simetrik olarak üretilmiştir. DES ayrıca 64 bit veri blokunu ve buna ek olarak Feistel modelini içinde barındıran bir şifreleme standartı olarak çalışmaktadır. DNA modellenmesi ise veri güvenliğini sağlamak için kullanılan yeni bir teknik olmuştur. DNA biyolojik yapısını kullanarak şifrelenmek istenilen mesajı çeşitli yöntemler ile DNA'nın yapı taşları olan dört DNA bazının baş harfleri olan A, G, C ve T harflerine dönüştürerek şifrelemeyi baz almaktadır. Bilgisayarlara entegre etmek için ise 0, 1'lerin çeşitli kombinasyonları ile DNA zincirinin molekülleri tasarlanabilmektedir. Bu çalışmada DES algoritmasının içinde bulundurduğu algoritmanın kalbi diyebileceğimiz f fonksiyonunu daha karmaşık ve güvenilir bir fonksiyon haline getirmek için Feistel modelini ve buna ek olarak DNA modellemesi kullanarak yeni bir tasarım yapılmış ve performans analizi incelenip değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Şifreleme, DES Algoritması, DNA Modellemesi

PERFORMANCE ANALYSIS OF DES ALGORITHM WITH DNA MODELING

Abstract

DES (Data Encryption Standard) is one of the most used modern block symmetric encryption algorithms in today's digital environments.This standard is produced symmetrically to encrypt and decrypt 64-bit data blocks based on a 56-bit key. DES also works as an encryption standard that includes the 64-bit data block plus the Feistel model. DNA modeling has been a new technique used to ensure data security. It is based on encoding the message desired to be encoded using the DNA biological structure by converting it into the letters A, G, C and T, which are the initials of the four DNA bases, which are the building blocks of DNA. The molecules of the DNA chain can be designed with various combinations of 0, 1 to integrate them into computers. In this study, a new design has been made using the Feistel model and DNA modeling in order to make the f function, which we can call the heart of the algorithm, which is included in the DES algorithm, into a more complex and reliable function, and the performance analysis has been examined and evaluated.

Keywords: Encryption, DES Algorithm, DNA Modeling..

1. GİRİŞ

Şifreleme, anlamını gizlemek için düz metin verilerini şifreli metne dönüştürme ve böylece yetkisiz herhangi bir alıcının orijinal verileri almasını önleme işlemidir. Bu nedenle, şifrelemenin ana görevi gizliliği sağlamaktır. Şirketler genellikle aktarım sırasında verilerin güvenli olduğundan emin olmak için aktarımdan önce verilerini şifreler. Şifrelenmiş veriler, genel ağ üzerinden gönderilir ve amaçlanan alıcı tarafından şifresi çözülür. Bilgi güvenliği için geliştirilen ve yaygın olarak kullanılan birçok şifreleme algoritması vardır. Simetrik (özel) ve asimetrik (genel) anahtar şifrelemesi olarak kategorize edilebilirler. (Nie, T., & Zhang, T. 2009)

Simetrik anahtar şifreleme, verileri şifrelemek ve şifresini çözmek için yalnızca bir anahtar kullanır. Anahtar, varlıklar arasında iletimden önce dağıtılmalıdır. Anahtarlar çok önemli bir rol oynar çünkü

algoritmada zayıf anahtar kullanılırsa o zaman herkes verinin şifresini çözebilir. Simetrik anahtar şifrelemenin gücü, kullanılan anahtarın boyutuna bağlıdır.

Aynı algoritma için, daha uzun anahtar kullanan şifrelemeyi kırmak, daha küçük anahtar kullanılarak yapılan şifrelemeye göre daha zordur. RC2, DES, 3DES, RC6, Blowfish ve AES gibi şifreleme algoritmalarının güçlü ve zayıf anahtarlarının birçok örneği vardır. RC2 ve DES, bir 64-bit anahtar kullanır. Üçlü DES (3DES), üç adet 64 bitlik anahtar kullanırken, AES çeşitli (128,192,256) bit anahtarları kullanır. Blowfish çeşitli (32-448) anahtar kullanır. RC6, varsayılanın 128 bit olduğu çeşitli (128,192,256) bit anahtarları kullanır. (Coppersmith, D. 1994), (Abdul, D. S. 2008)

Asimetrik anahtar şifreleme, anahtar dağıtımı sorununu çözmek için kullanılır. Asimetrik anahtarlarda iki anahtar kullanılır: özel ve genel anahtarlar. Şifreleme için genel anahtar kullanılır ve şifre çözme için özel anahtar kullanılır (Örn. RSA ve Dijital İmzalar). Genel anahtar herkes tarafından bilinirken, özel anahtar yalnızca kullanıcı tarafından bilinir. İletimden önce dağıtılmasına gerek yoktur. Ancak, açık anahtar şifrelemesi matematiksel işlevlere dayanır, hesaplama açısından yoğundur ve cep telefonu, PDA vb. Gibi küçük mobil cihazlar için çok verimli değildir.

Bazı durumlarda, yasal, ticari ve diğer belgelerin imzalanması gerekir. Buna göre hem özel anahtar hem de genel anahtar algoritmaları kullanılarak dijital imzalar için çeşitli şemalar tasarlanmıştır.

Çeşitli şifreleme yöntemleri vardır, temel olarak şifreleme metni üretme yöntemleri akış şifreleme (RC4 gibi) ve blok şifreleme (DES, blowfish vb. Gibi). Her geçişte her birinin şifrelediği veri miktarı dışında iki yöntem benzerdir. Çoğu modern şifreleme şeması, bir tür blok şifreleme kullanır. Diğer özel şifreleme yöntemi, şifreleme işlemi geri döndürülemez olan tek yönlü şifreleme (örneğin, UNIX sistemlerinde şifre şifreleme) ve genel ve özel anahtar şifreleme sistemlerini (Pretty Good Privacy (PGP) gibi) birleştiren hibrit sistemlerdir.

Bu yazıda, ortak DES algoritmasını inceliyoruz. DES blok şifreleme kullanan simetrik anahtar şifreleme algoritmasıdır. Şifreleme işlem yöntemlerine bakarak süre analizi yapıyoruz. Farklı girdi boyutları kullanarak şifreleme algoritmasının performansını değerlendirmek için deneyler yapıldı. Deneysel sonuçlardan, şifreleme hızı ile bilgisayar arasındaki ilişkiyi bulduk. Ayrıca şifreleme algoritmasının avantajlarını ve dezavantajlarını da gösteriyoruz. (Nie, T., & Zhang, T. 2009)

2. BİLGİ GÜVENLİĞİ UNSURLARI

Her güvenlik sistemi, sistemin gizliliğini garanti altına alan bir dizi güvenlik işlevi sağlamalıdır. Bu işlevlere genellikle güvenlik sisteminin hedefleri denir. Bu hedefler şu şekilde sıralanabilir:

Kimlik doğrulama: Kullanarak veri göndermeden ve almadan önce sistem, alıcı ve gönderen kimliği doğrulanmalıdır.

Gizlilik veya güvenlik: Genellikle bu işlev, çoğu kişinin güvenli bir sistemi belirleme şeklidir. Bu, yalnızca kimliği doğrulanmış kişilerin mesaj içeriğini yorumlayabileceği ve başka hiç kimsenin olmadığı anlamına gelir.

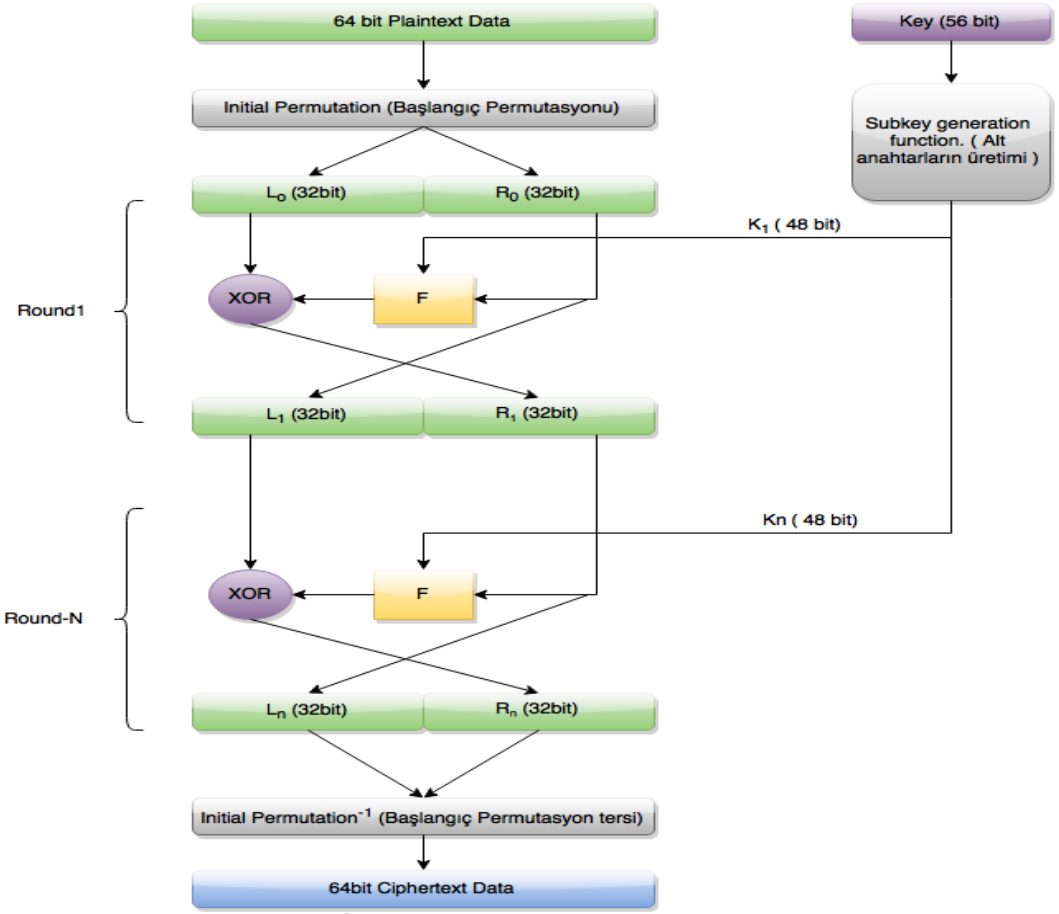
Bütünlük: Bütünlük, iletilen verilerin içeriğinin, uç noktalar (gönderen ve alıcı) arasında herhangi bir değişiklik türü içermediğinin garanti edildiği anlamına gelir.

Reddedilmeme: Bu işlev ne gönderenin ne de alıcının belirli bir mesajı gönderdiklerini yanlışlıkla inkâr edemeyeceği anlamına gelir.

Hizmet Güvenilirliği ve Kullanılabilirliği: Güvenli sistemler genellikle davetsiz misafirlerin saldırısına uğradığından, bu durum, kullanıcıların kullanılabilirliğini ve hizmet türünü etkileyebilir. Bu tür sistemler, kullanıcılarına bekledikleri hizmet kalitesini vermenin bir yolunu sağlamalıdır. (Nadeem, A., & Javed, M. Y. 2005)

3. DES ALGORİTMASI VE DNA KRİPTOLOJİSİ

DES (Veri Şifreleme Standardı), NIST (Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü) tarafından önerilen ilk şifreleme standardıdır. 1974 civarında bir IBM ekibi tarafından geliştirildi ve 1997'de ulusal bir standart olarak kabul edildi.



Şekil 1. DES Algoritması

DES algoritmasının akışı Şekil 1'de gösterilmektedir. DES, 56 bit anahtar altında 64 bitlik bir blok şifreleyicidir. Algoritma bir ilk permütasyon, on altı turlu blok şifresi ve son permütasyonla işler. DES uygulaması son yıllarda ticari, askeri ve diğer alanlarda çok popülerdir. DES işlevini geliştiren 3DES, AES gibi varyantlar vardır. (Standard, D. E. 1977)

3.1. DNA Kriptolojisi

Deoksiribonükleik Asit (DNA), çok küçük virüslerden karmaşık insanlara kadar neredeyse tüm canlı organizmaların kalıtsal materyalidir. Tüm yaşam formlarının bilgi taşıyıcısıdır. DNA, nükleotidler adı verilen küçük birimlerden oluşan uzun bir polimerdir.

Her nükleotid üç bileşenden oluşur:

i. Azotlu Bir Baz

ii. Beş karbonlu Şeker

iii. Bir Fosfat Grubu

Sahip oldukları azotlu bazın türüne bağlı olarak dört farklı nükleotid vardır. Sırasıyla Adenin, Sitozin, Timin ve Guanin olarak adlandırılan A, C, T, G olmak üzere dört farklı baz vardır.

DNA, Şekil 2'de gösterildiği gibi anti paralel çalışan iki sarmallı çift sarmal bir yapıdır. DNA, sadece bu dört harf A, C, T ve G'nin kombinasyonu ile bir organizma hakkındaki tüm devasa ve karmaşık bilgileri depolar. Bu bazlar, iki ipliği sağlam tutmak için birbirleriyle hidrojen bağları oluşturarak DNA ipliklerinin yapısını oluşturur. A, T ile hidrojen bağı oluştururken, C ve G birbiriyle bağ oluşturur. (Pramanik, S., & Setua, S. K. 2012)



Şekil 2. DNA Yapısı

Kriptografik açıdan DNA çok güçlüdür. Nükleotid bazlarının (A-T, G-C) bağlanma yetenekleri, hesaplamaları yürütmek için mükemmel araçlar olan kendiliğinden birleşen yapılar oluşturma fırsatı sunar. Diğer bir avantaj, DNA'nın çok büyük bir depolama kapasitesine sahip olmasıdır, ancak diğer yandan DNA kriptografisinin pratik uygulaması çok fazla zaman ve kaynak gerektirir. Ayrıca birkaç hesaplama sınırlaması vardır. Bu nedenle, DNA kriptografisinin verimli kullanımını gerçek DNA üzerinden uygulamak zordur. DNA dijital kodlaması aşağıda gösterilmiştir. (Zhang, X. 2008)

Tablo 1. DNA Dijital Kodlaması

DNA Bazı	Binary Değeri
A	00
C	01
G	10
T	11

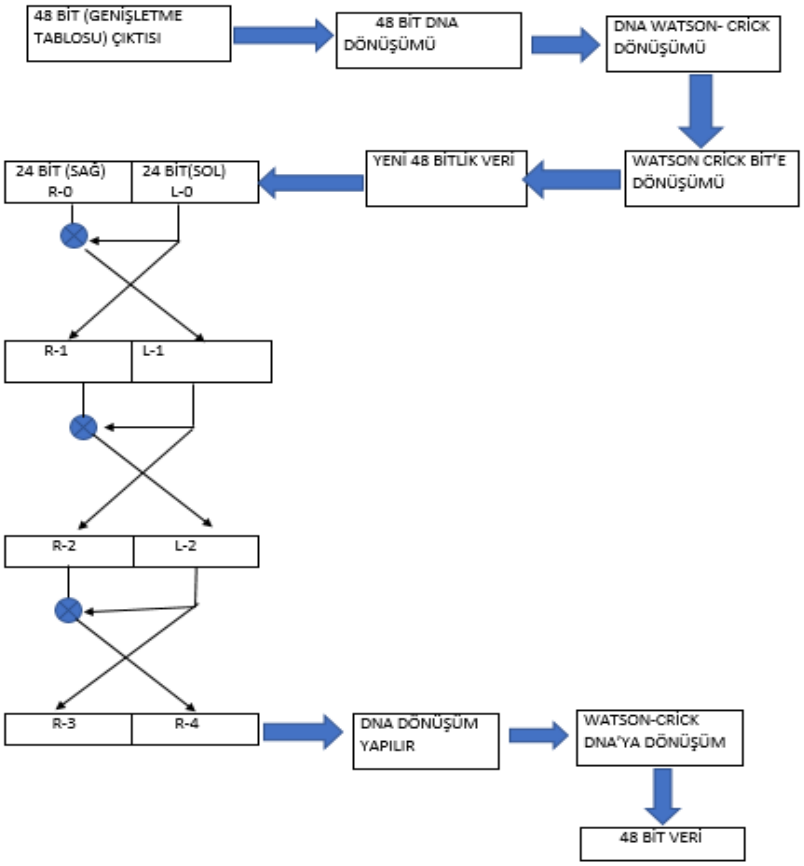
DNA dijital kodlaması yapılırken “Watson Crick’s” modeli denilen yöntem baza alınabilir bu yöntem DNA içinde ki 4 DNA bazının birbirleri ile aralarında kurduğu hidrojen bağını temel alarak kullanılır ve bağ yapısı şifrelemeye simüle edildiğinde bazlar dijital olarak yer değiştirir bu değişim şifreleme açısından bir karmaşıklık ortaya çıkarır. Watson Crick’s modelini tabloda göstermek gerekirse aşağıda ki gibi ifade edilebilir.

Tablo 2. DNA Watson Crick’s Modeli

DNA Bazı	Watson Crick’s DNA
A	T
C	G
G	C
T	A

3. ÖNERİLEN METHOD

DES algoritmasının yapısı incelendiğinde işlem yükünün ve güvenliğin sağlandığı kısım algoritmanın F fonksiyonudur. Çünkü algoritmanın şifreleme yaptığı ve anahtarı bu fonksiyon içinde kullanır ve bu fonksiyonun içi ne kadar karmaşık hale getirilirse algoritma o kadar güvenli ve dayanımı yüksek olur bundan dolayı algoritma yapılacak iyileştirme yada güvenliği arttırma adımlarının bu aşamada uygulanması çok önemlidir ayrıca algoritma simetrik bir yapıda olduğu için simetrinin bozulmaması ve F fonksiyonun terslenebilir formunun bozulmaması önemlidir, aksi durumda algoritma tek yönlü çalışıp sadece şifreleme gerçekleştirir ve geri açık metni veremez. Aşağıda ki şekilde algoritmamızın içine tasarım yaptığımız ek adımları gösteren akış şeması gösterilmiştir.



Şekil 3. Önerilen Akış Şeması

Yukarı da F fonksiyonun da 48 bit Expansion (Genişletme) tablosu çıktısı öncelikle 24 DNA bazına dönüştürülür bu dönüşümün ardından Watson Crick's modeli ile bazların sıralaması karıştırılır ve yeni bir baz dizilimi oluşur bunun sonucunda yeni 48 bit uzunluğuna sahip veri oluşturulur ardından bu veriler bir çok blok şifreleme algoritmasının kullandığı Feistel yapısına benzer bir şekilde "XOR" operatörü yardımıyla 4 adımlık bir karıştırma işlemine maruz bırakılıp çıktı olarak 48 bit veri verecek şekilde çalışır ve çıktı son adımda tekrar DNA dönüşümü ardından Watson Crick's modeli uygulanarak 48 bit çıktı vererek çalışmasını sonlandırır.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

DES Algoritması yapısı ve modelleme sonrasında çıkan işlem süreleri aşağıda ki tabloda gösterilmiştir. Algoritma yapısı gereği F fonksiyonu üzerinden saldırılara maruz kalmaktadır bizde buradaki karmaşıklığı artırmak adına Feistel yapısını ve DNA kriptografik yöntemlerini kullanarak simetrik bir adım daha ekledik bu adım sonucunda algoritma çalışma hızı (şifreleme/şifre çözme) olarak yavaşladığı

görülmektedir güvenlik açısından karmaşıklığı artarken süre açısından yavaşlamıştır bunun en açık sebebi algoritmanın var olan işlem yükünü arttırıp yeni adımlar eklenmesinden kaynaklı olmuştur.

DES Algoritması yapısı gereği zaten hızlı çalışan bir blok şifreleme sistemidir şifreleme süreleri gerçek zaman kavramları açısından göz ardı edilebilecek düzeyde süreler vermiştir tablo da açık bir şekilde bu durum gösterilmektedir.

Tablo 2. DNA Watson Crick's Modeli

Şifreleme Boyutu	SÜRE (Şifreleme + Şifre Çözme)
128 Bit	0.0117416515350341 Sn.
256 Bit	0.0217659616470336 Sn.
512 Bit	0.0332568790912628 Sn.
1024 Bit	0.0631230411529541 Sn.
2048 Bit	0.1208928256034851 Sn.
8192 Bit	0.4734391186237335 Sn.

İleri ki dönemde çalışmalar da DES algoritması ve diğer tüm simetrik şifreleme algoritmalarında yapılacak güvenliği ve karmaşıklığı artıracak çalışmalarda DNA modellenme farklı metotlar ile kullanılabilir ancak DES gibi sabit anahtar uzunluğuna sahip algoritmalarda anahtar boyutunu arttıracak DNA modellemeleri yada tek kullanımlık ped (OTP) kullanılabilir çünkü temel güvenlik şifreleme yapan anahtar boyutuyla doğru orantılıdır anahtar boyutu uzadıkça algoritma daha kompleks yapıya bürünecektir.

Blowfish gibi yine simetrik fakat anahtar uzunluğu değişkenlik gösteren algoritmalar için F fonksiyonu içine ek adımlar eklenebilir ve algoritma yapısı desteklenebilir.

Genel olarak şifreleme algoritmalarının hepsine metot olarak DNA uyarlanabilir anahtar açısından yapıldığında anahtar boyutu artırılırsa saldırılara karşı güçlenecektir süre açısından gerekli performans analizleri yapılabilir bunun yanında RAM gibi bellekte ki yer kaplama açısından incelemeler yapılabilir, bunun yanında tek başına yeni bir simetrik sistem oluşturulup ve bunu tamamen DNA modellemesi yaparak tasarlamak hız ve bellek açısından daha iyi sonuçlar vereceği ön görülebilir

KAYNAKLAR

Coppersmith, D. (1994). The Data Encryption Standard (DES) and its strength against attacks. *IBM journal of research and development*, *38*(3), 243-250.

Abdul, D. S. (2008). Elminaam, Hatem Mohamed Abdul Kader and Mohie Mohamed Hadhoud,". *Performance Evaluation of Symmetric Encryption Algorithms", IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, *8*(12), 280-286.

Nadeem, A., & Javed, M. Y. (2005, August). A performance comparison of data encryption algorithms. In *2005 international Conference on information and communication technologies* (pp. 84-89). IEEE.

Standard, D. E. (1977). Federal information processing standards publication 46. *National Bureau of Standards, US Department of Commerce*, *23*.

Cui, G., Qin, L., Wang, Y., & Zhang, X. (2008, September). An encryption scheme using DNA technology. In *2008 3rd International Conference on Bio-Inspired Computing: Theories and Applications* (pp. 37-42). IEEE.

Pramanik, S., & Setua, S. K. (2012, December). DNA cryptography. In *2012 7th International Conference on Electrical and Computer Engineering* (pp. 551-554). IEEE.

Nie, T., & Zhang, T. (2009, January). A study of DES and Blowfish encryption algorithm. In *Tencon 2009-2009 IEEE Region 10 Conference* (pp. 1-4). IEEE.

GÜÇ SİSTEMLERİNDE SENKRON GENERATÖR MODELLERİ İLE GERİLİM KARARLILIĞI ANALİZİNİN İNCELENMESİ

Muhammet DEMİRBAŞ
Beykent Üniversitesi / Mühendislik-Mimarlık Fakültesi / Elektrik-Elektronik Mühendisliği
muhammetdemirbas@beykent.edu.tr

Enes KAYMAZ
Düzce Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Elektrik-Elektronik Mühendisliği
eneskaymaz@duzce.edu.tr

M. Kenan DÖŞOĞLU
Düzce Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Elektrik-Elektronik Mühendisliği
kenandosoglu@duzce.edu.tr

Özet

Günümüzde, güç sistemlerinde gerilim-maksimum yüklenme parametre değeri arasındaki ilişki son derece önemli bir konudur. Bu konu gerilim kararlılığı açısından değerlendirilmektedir. Yapılan bu çalışmada güç sistemlerinde kullanılan senkron generatör modellerinin gerilim kararlılığı üzerinde oluşturduğu etkiler incelenmektedir. Benzetim çalışması Güç Sistemleri Analizi Programı (PSAT) kullanılarak ve 3-makinalı 9-baralı güç sisteminde gerçekleştirilmiştir. Senkron generatör modelleri olarak ise 3. model, 5. model ve 6. model tercih edilmiştir. Bu üç modelin karşılaştırmaları gerilim-maksimum yüklenme parametre değeri ve bara gerilim genlik profilleri açısından incelenmiştir. Yapılan bu çalışma sonucunda diğer modellere kıyasla daha gelişmiş bir model olan 6. modelin gerilim kararlılığı açısından daha etkili sonuçlar sunduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Gerilim kararlılığı, gerilim-maksimum yüklenme değeri, bara gerilim profilleri

ANALYSIS OF VOLTAGE STABILITY WITH SYNCHRONOUS GENERATOR MODELS IN POWER SYSTEMS

Abstract

Nowadays, the relationship between voltage-maximum loading parameter value is an extremely important issue in power systems. This issue is evaluated in terms of voltage stability. In this study, the effects of synchronous generator models have on voltage stability are examined. The simulation study was carried out using the Power Systems Analysis Program (PSAT) on a 3-machine-9-bus power system.As synchronous generator models, the 3rd model, 5th model, and 6th model were preferred. The comparisons of these three models were examined in terms of voltage-maximum loading parameter value and bus voltage amplitude profiles. As a result of this study, it was seen that the 6th model, which is a more advanced model compared to other models, has presented more effective results in terms of voltage stability.

Keywords: Voltage stability, voltage-maximum loading values, bus voltage profiles

1. GİRİŞ

Günümüzde, gelişen teknolojiye bağlı olarak güç sistemlerinden talep edilen gücün artması, iletim hatlarının aşırı yüklenmesine, yükün dengesiz biçimde paylaşılmasına, gerilimde ve çalışma koşullarında değişimler meydana gelmesine yol açmaktadır. Gerilim kararlılığı, güç sisteminin yük artışı, hatların devre dışı kalması veya kısa devre gibi bozucu bir etkiye maruz kalmasının ardından bara gerilim seviyelerinin istenilen değerde tutulabilmesidir (Çiftçi A 2015), (Güleryüz, 2011). Çok baralı güç sistemlerinde, gerilim-maksimum yüklenme parametresi arasındaki ilişki gerilim kararlılığı açısından oldukça önemli bir durumdur. Güç sistemlerinde geçici kararlılık durumlarında, kararsızlık

durumunun uzun sürmesi senkron generatörlerin çalışmasını olumsuz yönde etkiler ve sistemde gerilim çökmesi durumunun yaşanmasına yol açar. Bu problemin hızlı bir biçimde çözümlenmesinde dinamik derece modellerinin kullanılması etkili olmaktadır (Döşoğlu ve ark,2015). Literatürde, senkron generatörlerde dinamik derecelendirme modelleri ile ilgili olarak yapılan çeşitli çalışmalar mevcuttur. Örneğin, senkron generatör modelinin, güç sistemi kararlılık analizleri üzerindeki etkileri incelenmiştir (Li ve ark.,2009). Senkron generatörlerin geçici kararlılık analizlerinde farklı tiplerde kararlılık yöntemleri geliştirilerek elde edilen sonuçlar incelenmiştir. (Dysko ve ark., 2010), (Chung ve ark.,2002), (Ramos, 2009). Güç sistemi kararlı kılıcıları ve gerilim regülatörlerini tasarlamak için üçüncü dinamik derecelendirme modeli kullanılmıştır (Arjona ve ark., 2009). Senkron generatörün üçüncü derece d – q modelinin dinamik parametrelerinin tahmini doğrusal olmayan en küçük kareler yöntemi algoritması kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Ghahremani ve ark.,2008). Güç sistemlerinde farklı türbin yönetici modelleri ile geçici kararlılık analizinde senkron generatörlerin 6.dinamik derece modeli kullanılmıştır (Dursun ve ark.,2017). Güç sistemi dinamiklerinin üçüncü dinamik derecelendirme modeli, rotor açısı ve gerilim kararlılığı arasındaki etkileşime odaklanılarak incelenmiştir (Sharafutdinov, 2018). Farklı güç sistemi denetleyici modelleri ile geçici durum analizinin incelenmesinde senkron generatörlerin 6.dinamik derece modeli kullanılmıştır (Döşoğlu,2018).

Bu çalışmada, senkron generatör dinamik derecelendirme modellerinden 3. model, 5. model ve 6. modelin gerilim kararlılığı üzerinde oluşturduğu etkiler incelenmektedir. Senkron generatörlerin derece modellerinin sistemi kararlı hale getirdiği görülmektedir. Her üç modelin, gerilim-maksimum yüklenme parametre değeri ve bara gerilim genlik profilleri açısından karşılaştırmaları yapıldığında, 6.dinamik derece modelinin en iyi sonuçları verdiği görülmüştür.

2. SENKRON GENERATÖR MODELLERİ

Bu çalışmada, senkron generatör modelleri olarak dinamik derecelendirme modellerinden 3. model, 5.3. model ve 6. model tercih edilmiştir. Bu dinamik derece modellerinden olan 3.modelde, q ekseni elektromanyetik devrelerinin tamamı ihmal edilmekte ve aynı zamanda d ekseni endüktansı ise transfer fonksiyonunda kullanılmaktadır.3.dinamik derecelendirme modeli; açı, açısal hız ve q eksen geçici gerilim kaynağı olmak üzere üç değişken ile tanımlanmaktadır. Bu değişkenlere ait eşitlikler (1) – (3) denklemleri arasında gösterildiği gibidir:

$$\delta = f_b(\omega - 1) \tag{1}$$

$$\omega = (P_m - P_e - D(\omega - 1)) / M \tag{2}$$

$$e_q^{'} = (-f_s\left(e_q^{'}\right) - \left(x_d - x_d^{'}\right) i_d + v_f^{*}) / T_{d0}^{'} \tag{3}$$

Bu denklemlerde, δ rotor açısını ve w rotor hızını f_b temel frekansı, P_m mekanik gücü, P_e elektriksel gücü, M momenti, D sönümleme katsayısını, v_f alan gerilimini ifade etmektedir. x_d, d ekseni senkron reaktansını, x_d' d ekseni senkron geçici reaktansını, i_d d ekseni akımını, e_q' q ekseni geçici gerilim kaynağını, T_{d0}' d ekseni açık devre zaman sabitini ifade etmektedir.

5.3 dinamik derecelendirme modeli, elektromekanik ve elektromanyetik çalışmalar için temel modeldir. Hız değişiminin akılar üzerindeki etkileri, alan akısı dinamiği ile birlikte ele alınır. Buna göre, 5.3 dinamik derecelendirme modeli; δ rotor açısı, w rotor hızı, φ_f alan akısı, φ_q q eksen akısı ve φ_d d eksen akısı olmak üzere beş değişken ile tanımlanmaktadır. δ ve w ifadelerine ait eşitlikler yukarıda yer alan (1) ve (2) denklemlerinde verilmiş olup, kalan değişkenlere ait eşitlikler (4) – (6) denklemleri arasında ifade edildiği gibidir:

$$\dot{\varphi}_f = (v_f - e_q^{'}) / T_{d0}^{'} \tag{4}$$

$$\dot{\varphi}_q = f_b(v_q + r_a i_q - w\varphi_d) \tag{5}$$

$$\dot{\varphi}_d = f_b(v_d + r_a i_d + w\varphi_q) \tag{6}$$

Denklem (2)'de yer alan P_e elektriksel güç ifadesi (7) denkleminde ifade edildiği gibidir:

$$P_e = (\varphi_d i_q - \varphi_q i_d) \tag{7}$$

Burada, modeli tamamlamak için üç cebirsel kısıtlamaya ihtiyaç vardır:

$$\varphi_f = e_q^{'} - (x_d - x_d^{'}) i_d \tag{8}$$

$$\varphi_d = e_q^{'} - (x_d - x_l) i_d \tag{9}$$

$$\varphi_q = -(x_q - x_l) i_q \tag{10}$$

Bu denklemler, e_q' için bir diferansiyel denklem elde etmek amacıyla yeniden yazılabilir. Böylece sistemden φ_f alan akısını ortadan kaldırır:

$$e_q^{'} = \frac{x_d - x_l}{x_d^{'} - x_l} - \left(\frac{1}{T_{d0}^{'}}(v_f - e_q^{'}) - \frac{x_d - x_d^{'}}{x_d - x_l}\dot{\varphi}_d\right) \tag{11}$$

6.derece dinamik modeli, d eksenine bir ve q eksenine iki devre ilave edilmesiyle elde edilir. Bu model açı, açısal hız, q eksen geçici gerilim kaynağı, d eksen geçici gerilim kaynağı, q eksen alt geçici gerilim kaynağı, d eksen alt geçici gerilim kaynağı olmak üzere altı değişkenden oluşur. 6.modelin elde edilmesinde kullanılan değişkenlere ait eşitlikler (12) - (17) denklemleri arasında gösterildiği gibidir:

$$\delta = f_b(\omega - 1) \tag{12}$$

$$\omega = (P_m - P_e - D(\omega - 1)) / M \tag{13}$$

$$e_q^{'} = -e_q^{'} - \left(x_d - x_d^{'} - \frac{T_{d0}^{''}}{T_{d0}^{'}}\frac{x_d^{''}}{x_d^{'}}\left(x_d - x_d^{'}\right)\right) i_d + \frac{(1 - T_{AA}/T_{d0}^{'}) v_f^*}{T_{d0}^{'}} \tag{14}$$

$$e_d^{'} = \left(-f_s(e_d^{'}) + \left(x_q - x_q^{'} - \frac{T_{q0}^{''}}{T_{q0}^{'}}\frac{x_q^{''}}{x_q^{'}}\left(x_q - x_q^{'}\right)\right) i_q\right) / T_{q0}^{'} \tag{15}$$

$$e_q^{''} = \left(-e_q^{''} + e_q^{'} - \left(x_d^{'} - x_d^{''} + \frac{T_{d0}^{''}}{T_{d0}^{'}}\frac{x_d^{''}}{x_d^{'}}\left(x_d - x_d^{'}\right)\right) i_d + \frac{T_{AA}}{T_{d0}^{'}} v_f^*\right) / T_{d0}^{''} \tag{16}$$

$$e_d^{''} = \left(-e_d^{''} + e_d^{'} + \left(x_q^{'} - x_q^{''} + \frac{T_{q0}^{''}}{T_{q0}^{'}}\frac{x_q^{''}}{x_q^{'}}\left(x_q - x_q^{'}\right)\right) i_q\right) / T_{q0}^{'} \tag{17}$$

Bu denklemlerde, f_b temel frekansı, P_m mekanik gücü, M momenti ve D ise sönümleme katsayısını ifade etmektedir. x_d ve x_q d-q ekseni senkron reaktansları, x_d' ve x_q' d ve q ekseni senkron - geçici reaktansları, x_d'' ve x_q'' d ve q eksenine ait senkron-alt geçici reaktansları, T_{d0}' ve T_{q0}' d-q ekseni açık devre zaman sabitini, i_d ve i_q d-q ekseni akımını, δ rotor açısını, w rotor hızını, v_f alan gerilimini, e_d' ve e_q' d ve q eksen geçici gerilim kaynağını, e_d'' ve e''_q d ve q eksen alt geçici gerilim kaynağını ifade etmektedir (Milano, 2005).

3. GERİLİM KARARLILIĞI

Gerilim kararlılığı herhangi bir bozucu etki sonrasında güç sisteminde yer alan tüm baralara ait gerilimlerin belirli değerlerde sabit tutulması olarak ifade edilebilir. Gerilimde kararsızlığa yol açan faktörlerin başında reaktif güç talebinin karşılanamaması gelmektedir. Güç sisteminde reaktif güç desteğinin belirli sınırlar altında kalması sonucu baralarda gerilim düşümü söz konusu olur ve sistemde çökme durumu meydana gelebilir. Bu durum sistemin aktif ve reaktif güç akışında gerilim dengesizliğine yol açar (Kundur ve ark., 1994). Gerilimin reaktif güce bağlı olarak dengelenmesinde

gerilim-maksimum yüklenme parametresi arasındaki ilişki önemli olup, bu parametre ile aktif ve reaktif güç arasındaki ilişki (18) ve (19) denklemlerinde ifade edilmektedir:

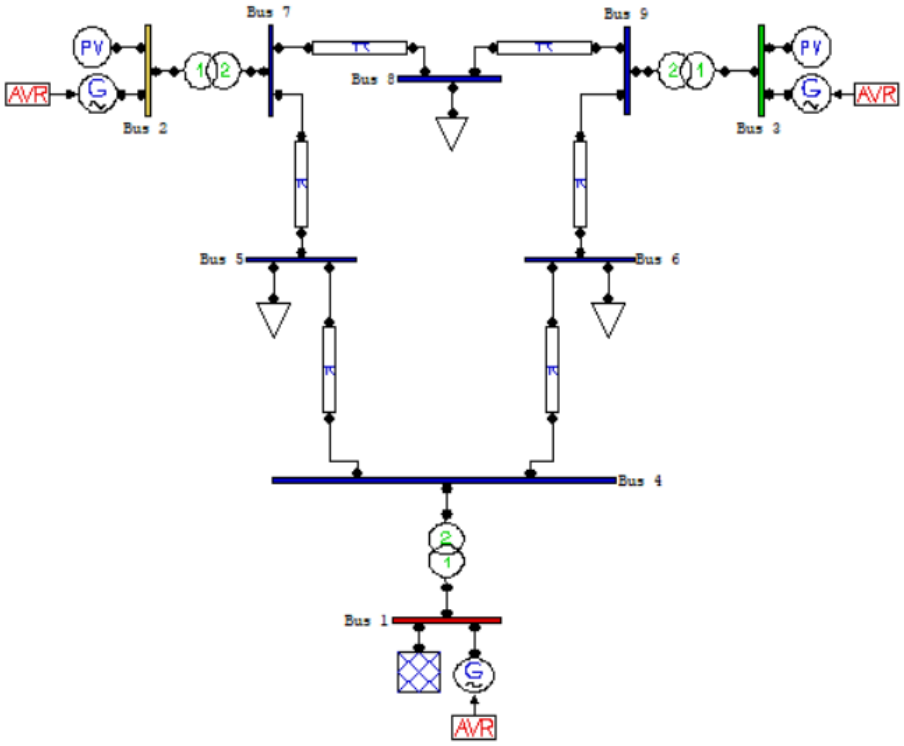
$$P_L = P_{L0}(1+\lambda) \tag{18}$$

$$Q_L = Q_{L0}(1+\lambda) \tag{19}$$

Burada, $P_L$ve Q_L ifadeleri sırasıyla yüke ait aktif -reaktif güç değerleri olup, P_{L0}ve Q_{L0} ifadeleri ise yüke ait başlangıç aktif -reaktif güç değerleridir. λ ise maksimum yüklenme parametresidir. Güç sistemlerinde, gerilim değişiminin ve maksimum kapasitenin farklı yük koşullarındaki analizinde kullanılan sürekli yük akışı, gerilim-maksimum yüklenme parametresi arasındaki ilişkiyi inceler ve sürekli yük akışı analizinde güç akışı denklemlerine λ yük parametresi eklenir. Denklemlerin çözümünde öncelikli olarak güç akışı analiziyle başlangıç temel değerleri bulunur. Ardından, farklı yük parametresine teğet bir tahminci uygulanır ve devamında ise tahmini çözüme, düzeltici adım hesaplamaları uygulanır. Bu durum kritik noktaya kadar sürmektedir. (Döşoğlu ve Kılıç,2019).

4. BENZETİM ÇALIŞMASI

Bu çalışma Güç Sistemi Analizi Programı (PSAT) kullanılarak WSCC 9-baralı 3-makinalı güç sistemi üzerinde gerçekleştirilmiştir (Milano, 2005). WSCC 9-baralı 3-makinalı güç sistemi Şekil 1'de gösterilmiştir.

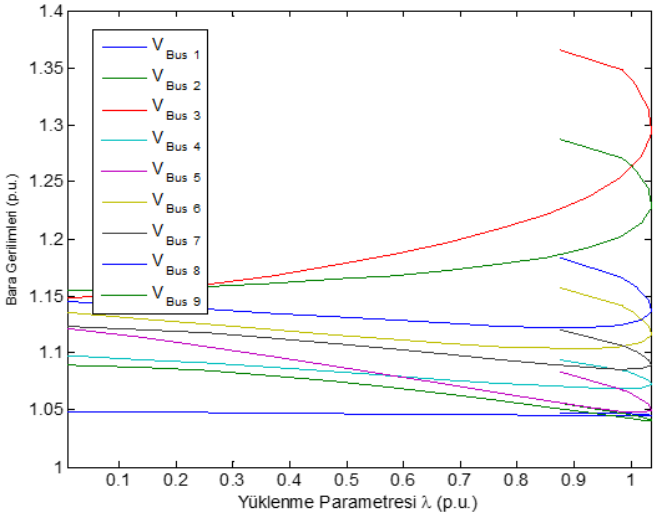


Şekil 8. WSCC 9-baralı 3-makinalı güç sistemi

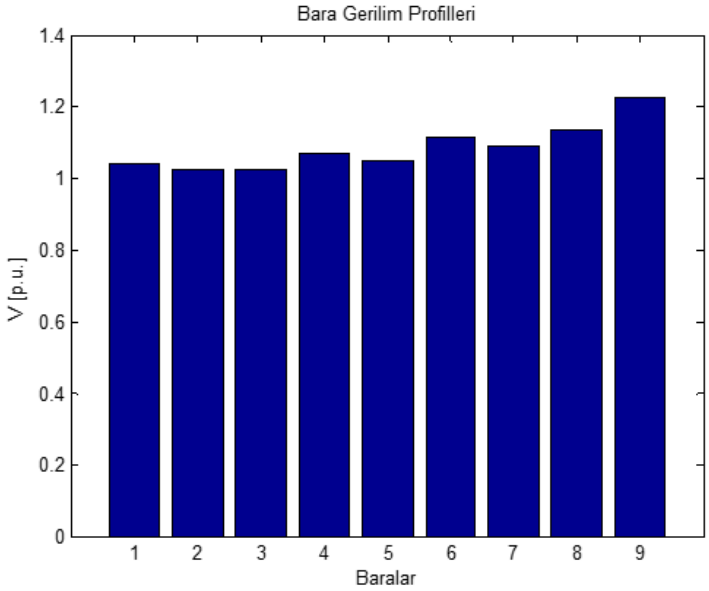
Toplam 9 bara bulunan bu güç sisteminde senkron generatörler 1,2 ve 3 numaralı baralarda, yükler ise 5,6 ve 8 numaralı baralarda bulunmaktadır. Sistemde 2-7, 3-9, 1-4 numaralı iletim hatlarında gerilim düşürücü transformatörler mevcuttur. 1,2 ve 3 numaralı baralarda generatörlerin güç kontrolünü sağlamak amacıyla otomatik gerilim regülatörü kullanılmıştır. Bu çalışmada 3, 5.3 ve 6 numaralı senkron generatör modellerinin güç sistemi gerilim kararlılığı üzerindeki etkileri, gerilim-maksimum yüklenme parametresi ve bara gerilimi genlik profilleri açısından incelenmiştir.

4.1. Benzetim Çalışması Sonuçları

İlk olarak sistemdeki generatörler 3 numaralı çalışma moduna alınmış ve gerilim-maksimum yüklenme parametresi Şekil 2'de, bara gerilimi genlik profilleri Şekil 3'te gösterilmiştir.

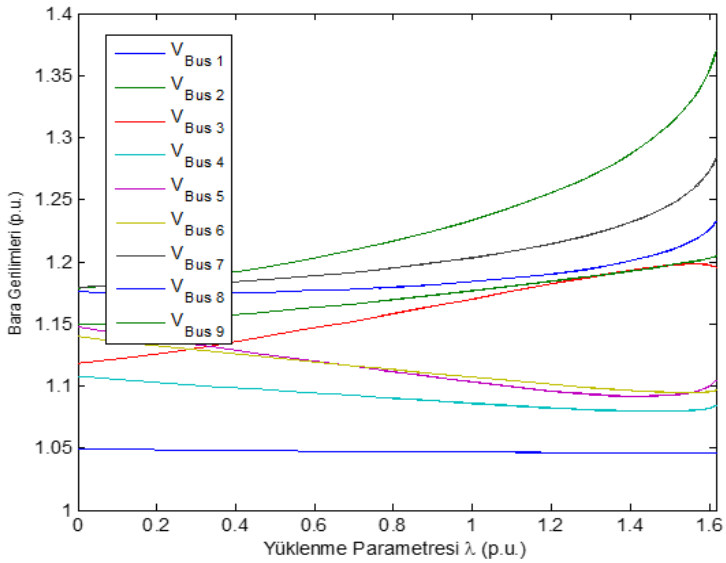


Şekil 9. Generatörlerin model 3'te çalışması durumunda, gerilim- maksimum yüklenme parametresi ilişkisi (maksimum yüklenme parametresi = 1.0362 p.u.)

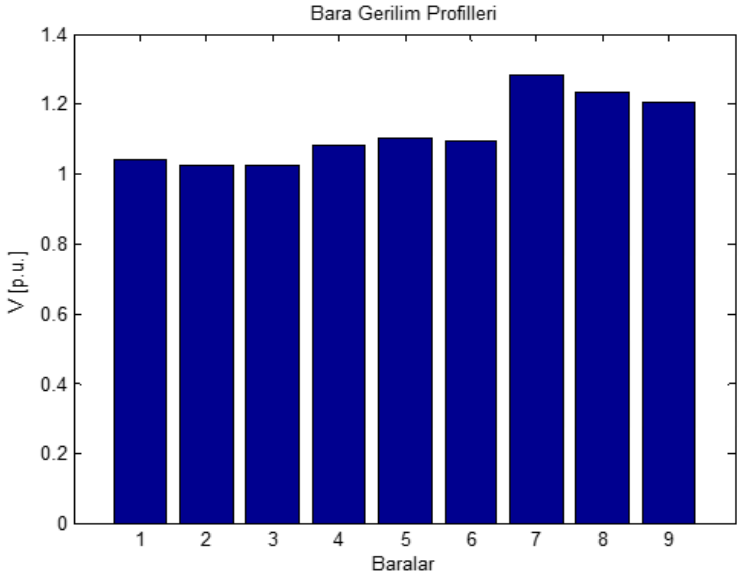


Şekil 10. Generatörlerin model 3'te çalışması durumunda, bara gerilim genlik profilleri (maksimum yüklenme parametresi = 1.0362 p.u.)

İkinci durumda, generatörler 5.3 numaralı çalışma moduna alınmış ve gerilim-maksimum yüklenme parametresi Şekil 4'te, bara gerilimi genlik profilleri Şekil 5'te gösterilmiştir.

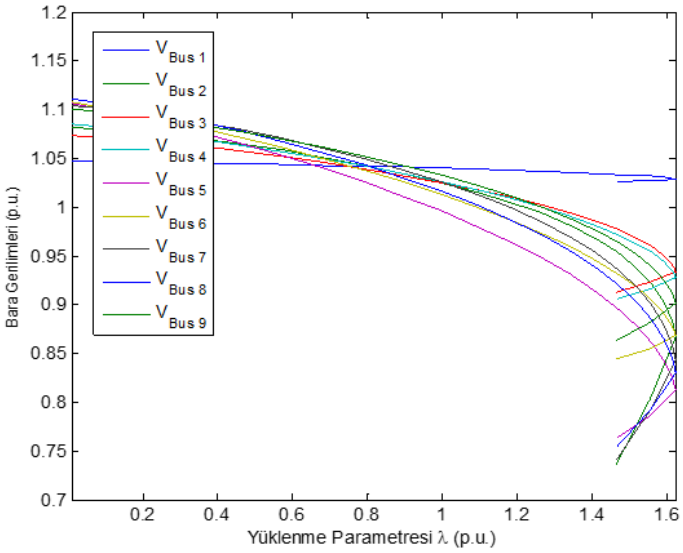


Şekil 11. Generatörlerin model 5.3'te çalışması durumunda, gerilim- maksimum yüklenme parametresi ilişkisi (maksimum yüklenme parametresi = 1.618 p.u.)

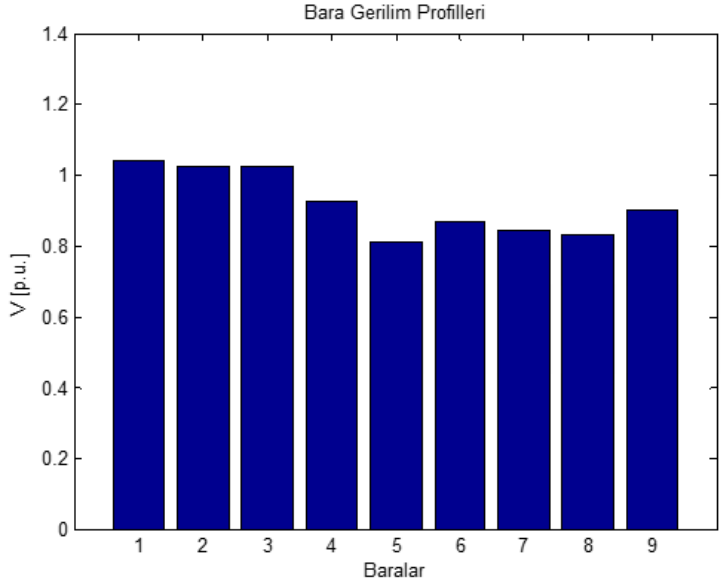


Şekil 12. Generatörlerin model 5.3'te çalışması durumunda, bara gerilim genlik profilleri (maksimum yüklenme parametresi = 1.618 p.u.)

Son olarak generatörler 6 numaralı çalışma moduna alınmış ve gerilim-maksimum yüklenme parametresi Şekil 6'da, bara gerilim genlik profilleri Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 13. Generatörlerin model 6'da çalışması durumunda, gerilim- maksimum yüklenme parametresi ilişkisi (maksimum yüklenme parametresi = 1.6234 p.u.)



Şekil 14. Generatörlerin model 6'da çalışması durumunda, bara gerilim genlik profilleri (maksimum yüklenme parametresi = 1.6234 p.u.)

Generatörlerin model 3'te çalışması durumunda maksimum yüklenme parametresi 1.0362 p.u., model 5.3'te çalışması durumunda maksimum yüklenme parametresi 1.618 p.u., model 6'da çalışması durumunda ise maksimum yüklenme parametresi 1.6234 p.u. olarak hesaplanmıştır. Generatörlerin çalıştırıldığı modellere göre baraların gerilim genlikleri Şekil 3,5 ve 7'de gösterilmiştir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada WSCC 9-baralı 3-makinalı güç sisteminde senkron generatörlerin farklı modellerinin güç sistemi gerilim kararlılığı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Modeller arasında 3, 5.3 ve 6 numaralı modeller tercih edilerek, bu modeller arasında kıyaslama yapılmıştır. Bu inceleme sonucunda senkron generatörlerin daha gelişmiş bir model olan model 6'da çalışması durumunda en yüksek maksimum yüklenme parametresine ulaştığı, gerilim kararlılığı ile maksimum yüklenme parametresi arasındaki ilişki de göz önüne alındığında, model 6'nın gerilim kararlılığı açısından en etkili sonuçlar ortaya koyan model olduğu görülmüştür. Dahası, 6.derece modelin, diğer modellere kıyasla bara genlik profilleri

açısından da daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Yapılan bu çalışma ile gerilim kararlılığı açısından senkron generatördeki farklı kontrol metotları da kullanılarak analizlerin yapılabilmesine zemin hazırlanmıştır.

KAYNAKLAR

Arjona MA., Escarela-Perez R., Espinosa-Perez G., Alvarez-Ramirez J. (2009), Validity testing of third-order nonlinear models for synchronous generators, *Electric Power Systems Research*, 79(6), 953-958.

Çiftçi A 2015. Facts cihazları kullanılan elektrik güç sistemlerinde enerji fonksiyonu ile gerilim kararliliği analizi. Sakarya: Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi.

Chung CY., Wang KW., Tse C.T., Niu R. (2002), Power-System Stabilizer (PSS) Design by Probabilistic Sensitivity Indexes (Psis), *IEEE Transactions on Power Systems*, 17(3), 688-693.

Döşoğlu MK., Güvenç U., Poyraz G., Küçük B. (2015), Senkron Generatörlerin Farklı Derece Modelindeki Analizlerinin İncelenmesi, *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi,* 4(2),72-80.

Döşoğlu MK., Özbay M., Dursun M., Küçük B., Poyraz G. (2018). Farklı Güç Sistemi Denetleyici Modelleri ile Geçici Durum Analizinin İncelenmesi. *II. Uluslararası Bilimsel Ve Mesleki Çalışmalar Kongresi Tam Metin Kitabı*, 893-899.

Döşoğlu MK, Kılıç TE 2019. Güç Sistemlerinde Gerilim Kararlılığı Analizinin UPFC-EDS ile İncelenmesi. 3. Uluslararası Mühendislik Araştırmaları Sempozyumu (INERS'19),327-332.

Dursun M., Döşoğlu MK., Poyraz G., Küçük B. (2017), Transient Stability Analysis with Different Turbine Governor Models in Power Systems, *IMCOFE* Roma, Italy, 23-25.

Dysko A., Leithead WE., O'Reilly J. (2010), Enhanced Power System Stability by Coordinated Pss Design, *IEEE Transactions on Power Systems*, 25(1), 413-422.

Ghahremani E., Karrari M., Malik OP. (2008), Synchronous generator third-order model parameter estimation using online experimental data, *IET Generation, Transmission & Distribution*, 2(5), 708-719.

Güleryüz M 2011. Facts cihazları ve rüzgar enerji santrallerinin gerilim kararlılığına etkilerinin incelenmesi. İstanbul :İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi.

Kundur P, Balu NJ, Lauby MG (1994). Power System Stability and Control, (7), New York: McGraw-Hill.

Li Z., Yang Y., Bao X. (2009), Simulation and analysis of the third-order model of synchronous generator based on MFC, *International Conference on Mechatronics and Automation* ,4252-4256, IEEE.

Milano F., Power System Analysis Toolbox, Version 1.3.4, Software and Documentation, Available at: http://faraday1.ucd.ie/psat.html (Erişim tarihi: 28.11.2020)

Ramos R. A., (2009), Stability Analysis Of Power Systems Considering Avr and Pss Output Limiters, *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 31(4), 153-159.

Sharafutdinov K., Rydin Gorjão L., Matthiae M., Faulwasser T., Witthaut D., "Rotor-angle versus voltage instability in the third-order model for synchronous generators," *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science* 28, 033117 (2018).

EŞ KANALLI AÇISAL PRESLEME (EKAP) YAPILAN AA6082 ALAŞIMININ İŞLENEBİLİRLİĞİNDE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN İNCELENMESİ

Kerim ÖZBEYAZ
Bitlis Eren Üniversitesi / Mühendislik Mimarlık Fakültesi / Makine Mühendisliği Bölümü
kozbeyaz@beu.edu.tr

Hasan KAYA
Kocaeli Üniversitesi / Hereke Asım Kocabıyık MYO / Makine Programı
hasan.kaya@kocaeli.edu.tr

Aykut KENTLİ
Marmara Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Makine Mühendisliği Bölümü
akentli@marmara.edu.tr

Özet

Aşırı plastik deformasyon (APD) yöntemi, malzemelerin mikro yapılarında ultra ince taneli bir yapı oluşturabilmesi sayesinde özellikle mekanik anlamda iyileşmeler elde edilebilmesi amacıyla sıklıkla başvurulan çalışma yöntemlerindendir. Son yıllarda proses değişkenlerine izin veren kalıp tasarımları ve bu tasarımlar ile doğrudan ilişkili olarak malzemelerdeki mikroyapı değişimleri APD yöntemlerinin tercih sebeplerini artırmaktadır. Kullanılan bu yöntem içerisinde ise en çok dikkat çekeni Eş Kanallı Açısal Presleme (EKAP) yöntemidir. EKAP, malzemenin katı halde iken kalıp kanalından/kanallarından presleme işlemi yapılması sonucunda malzemenin tane yapılarında yönlenmelere, varsa ikincil faz elementlerinin çökelmesine ve taneler arası boşluklarının azalmasını sağlayarak malzemenin sertliği, tokluğu, çekme ve yorulma mukavemeti değerlerinde artış gibi mekanik özelliklerinin iyileşmesini pozitif yönde etkilemektedir. Alüminyum AA6082 alaşımları; içeriğindeki Mg ve Si elementleri ile yüksek korozyon dayanımına sahiptir ve mukavemet kütle oranının yüksek olması ile otomotiv, savunma sanayi, inşaat ve demir yolu vagonları gibi kullanımlar için sıklıkla tercih edilmektedir. Bu çalışma kapsamında; ısıl tavlanmış, EKAP ile 1 geçiş, 2 geçiş, 3 geçiş ve 4 geçiş deformasyon oluşturulmuş AA6082 alaşımının işlenebilirliğinin incelenmesi amacıyla freze tezgahında 400 mm/rpm, 800 mm/rpm ve 1200 mm/rpm ilerleme hızlarında ve 0.3 mm, 1 mm ve 1.5 mm kesme derinliklerinde aynı freze çakısı ve devirde işlenerek yüzey pürüzlülüklerinin ölçümleri yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: EKAP, AA6082, Yüzey Pürüzlülüğü, İşlenebilirlik

INVESTIGATION OF SURFACE ROUGHNESS IN MACHINABILITY OF AA6082 ALLOY PROCESSED BY EQUAL CHANNEL ANGULAR PRESSING (ECAP)

Abstract

Severe Plastic Deformation (SPD) method is one of the frequently used method in order to achieve mechanical improvements, thanks to the ability to create an ultra-fine-grained structure in the microstructure of the materials. In recent years, the preference of SPD methods has increased due to the allowance of different process variables and microstructure changes in materials which directly related to these die designs. Among this method used, the most convincing one is the Equal Channel Angular Pressing (ECAP) method. ECAP process positively affects the improvement of mechanical properties of the material such as hardness, toughness, increase in tensile and fatigue strength values by providing orientation in the grain structure of the material, precipitation of secondary phase elements, if any, and reduction of intergranular spaces as a result of the pressing process from the die channel / channels when the material is in a solid state. Aluminium AA6082 alloys; has high corrosion resistance with Mg and Si elements in its content and is frequently preferred for uses such as automotive, defense industry, construction and railway wagons due to its high strength to mass ratio. In this study; one annealed workpiece and one pass, two pass, three pass, and four pass ECAP'ed AA6082 alloy workpieces are

first operated in the milling machine with the same cutting tool and rotational speeds. Additionally, the feed rates are selected as 400 mm/rpm, 800 mm/ rpm, and 1200 mm/ rpm and the depth of cut parameters are selected as 0.3 mm, 1 mm, and 1.5 mm. Finally, the surface roughness values were measured and compared with each other.

Key Words: ECAP, AA6082, Surface Roughness, Machinability

GİRİŞ

Aşırı Plastik Deformasyon (APD) malzemelerim mekanik özelliklerinde iyileştirmeler yapılabilmesi hedeflenerek Rus bilim adamları tarafından 1970'li yıllarda ortaya konulan ve malzeme alanında çalışmalar yapan araştırmacıların ilgisini çeken önemli yöntemlerden birisidir. Temel prensip olarak malzemeye ultra büyüklükte gerilmeler uygulanması sonucunda malzemeyi oluşturan tanelerin 1 µm veya altındaki ölçeklerde küçülmesiyle yani ultra küçük tane boyutlarında (Ultra Fine Grains (UFG)) yapıların elde edilmesi yöntemidir (Valiev et al. 2016). Yapılan literatür çalışmaları incelendiğinde APD yöntemi olarak; Eş Kanallı Açısal Presleme (EKAP) (Segal 1999), Yüksek Basınçlı Burulma (HPT), Büküm ekstrüzyon, Birikmeli Rulo Yapıştırma (ARB) (Srinivas et al. 2013), Çok Eksenli Dövme (MDF), Döngüsel Ekstrüzyon ve Sıkıştırma, Tekrarlayan Ondülasyon ve Doğrultma (RCS), (Valiev et al. 2016) gibi çeşitli yöntemler bulunmuştur. Ancak tüm yöntemler arasında; işlem sonrasında numunenin kesitlerinde değişmelerin olmaması, oluşan deformasyonun lokalize ve homojen olması ve artık gözeneklerin bulunmaması, diğer talaşlı işlemlere elverişli olması ve en önemlisi de malzemeye sertlik özelliği kazandırırken diğer geleneksel yöntemlerin aksine malzemenin sünekliğinin azalmaması gibi avantajlarından ötürü EKAP yöntemi APD yöntemleri içinde en çok çalışılan yöntemlerin başında geldiği görülmüştür. EKAP yöntemi ilk olarak Segal ve arkadaşları tarafından ortaya konulan bir yöntemdir. Bu yöntem kısaca; malzeme yeniden kristalleşme sıcaklığının altında iken giriş ve çıkış kesitleri aynı olan, genellikle birbirine dik olmakla birlikte 75 ile 145 dereceler arasında değişiklik gösterebilen kalıp kanallarından hidrolik pres kullanılarak geçirilmesi prensibine dayanmaktadır. Bu işlem sayesinde malzemeyi oluşturan her bir taneye ultra büyüklüklerde gerilmeler uygulanması sonucunda; malzemeyi oluşturan taneler arasındaki boşluklar minimize edilmiş, yine malzemeyi oluşturan tanelerin kalıp açısına bağlı olarak yönlenmeleri sağlanmış olacaktır. Ayrıca malzeme saf malzeme değil ise bu işlem sırasında tane sınırlarında ikincil faz elementlerinde çökelmeler artacaktır. Malzemenin bu sayılan durumlara maruz kalması başta sertlik olmak üzere malzemenin mekanik özelliklerinde iyileşmelere sebep olmaktadır. EKAP yönteminin daha verimli hale getirilmesi amacıyla kalıptan çıkarılan numuneler tekrar aynı kalıp kanalına yerleştirilerek bu presleme işlemi tekrarlanmaktadır. Yapılan bir defa kalıp kanalından geçirme işlemi "geçiş sayısı veya paso sayısı" olarak adlandırılmaktadır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde paso sayısının artması; doygunluk olana kadar, malzemenin yukarıda detaylı anlatılan sebeplerden kaynaklı olarak mekanik özelliklerini de arttırdığını göstermektedir. Paso işlemi yapılarken dikkat edilmesi gereken husus malzeme kalıptan çıkarıldıktan sonra tekrar hangi açı ile kalıba yerleştirildiğidir. "Rota" olarak adlandırılan bu işlem; malzemenin tane yapılarında istenilen yönlenmeleri meydana getirecek olan kayma gerilimlerinin oluşma açısını doğrudan etkileyeceğinden dolayı göz ardı edilmemesi gereken önemli bir EKAP parametresidir. Kolay uygulanabilir olması ile seri imalata uygun olan EKAP yönteminin dezavantajı ise şimdilik sadece küçük boyuttaki parçalar için kullanılabilir olmasıdır. Bu nedenle somun, cıvata perçin gibi bağlantı elemanlarının üretiminde veya küçük ölçekli makine parçalarının üretilmesinde kullanılabilmektedir.

Freze işlemleri talaşlı işlemler içerisinde tornalama işlemleri ile birlikte çok sık kullanım alanına sahip bir metal işleme yöntemidir. Bu işlemler işlenecek malzemenin özelliklerine göre belirlenen uygun parametrelerde işlenmelidirler. Uygun işleme parametrelerinde frezeleme işlemi yapılmayan malzemelerin hem kullanım ömürleri azalmaktadır hem de üretilmesi esnasındaki maliyetlerinin gereğinden fazla artmasına neden olmaktadır. Bu parametreler öncelikle işlenecek malzemenin cinsi, kesme derinliği, ilerleme hızı, kesici takımın dönme hızı, kesici takımın malzemesi gibi parametrelerdir. İşlenecek malzemenin özelliklerine göre işlem parametrelerinin doğru seçilip seçilmediğinin en büyük göstergesi ise yüzey pürüzlülüğü değerinin ölçülmesi ile tespit edilebilmektedir. Eğer malzemeye uygun parametrelerde talaşlı işlem yapılmazsa malzemelerin yüzey pürüzlülük değerlerinin yüksek çıktığı görülmüştür. Üretim kalitesi açısından yüzey pürüzlülüğü, mekanik parçaların performansını doğrudan

etkilemesi ve aynı zamanda üretim maliyetine büyük ölçüde etkilemesi açısından önemli bir parametredir. Yüzey pürüzlülüğü malzemelerin yorulma davranışı, korozyon direnci, sürünme ömrü (creep life) gibi mekanik özellikler üzerinde etkisi olduğu gibi, sürtünme, aşınma, ışık yansıması, ısı iletimi, yağlama, elektriksel iletkenlik gibi parçaların diğer işlevsel özelliklerini de etkilemektedir.

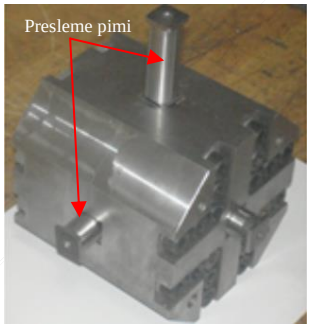
Bu çalışma kapsamında APD yöntemlerinden EKAP yönteminin malzemelerin işlenebilirlik özelliği üzerine etkilerinin incelenmesi amacıyla ilk olarak EKAP ile 1 paso, 2 paso, 3 paso ve 4 paso işlenmiş AA6082 alaşımı ile tavlanmış AA6082 alaşımının belirlenen parametrelerde freze tezgahında talaşlı imalat işlemi yapılacaktır. Kullanılan freze tezgahının kapasitesine göre ve literatürde yapılan çalışmalar göz önünde bulundurularak belirlenmiş olan; 0.3mm, 1mm ve 1.5mm kesme derinliklerinde (D) ve 400mm/ rpm, 800mm/ rpm ve 1200mm/ rpm ilerleme hızlarında (F) talaş kaldırma işlemi yapılan numunelerin yüzey pürüzlülük değerleri ölçülmesi planlanmıştır. Böylelikle EKAP işleminin ve paso sayısının malzemelerin işlenebilirlik üzerindeki etkisi incelenmiş olarak karşılaştırmalar yapılması hedeflenmektedir.

MATERYAL VE METOD

Bu çalışma kapsamında ilk olarak temin edilen AA6082 alaşımları EKAP işlemine hazır hale getirebilmek amacıyla Şekil 1a'da görüldüğü gibi 19,8mm çapında ve 60mm uzunluğunda olacak şekilde torna tezgahında işlenerek istenilen geometriye getirilmiştir. Sonrasında bu parçalara; taneciklerin daha homojen bir yapı kazanabilmesi amacıyla 460 ºC sıcaklıkta 2 saat sürede ısıl tavlama işlemi yapılmıştır. Tavlanmış olarak hazırlanmış olan numuneler; Şekil 1b'de görülen, Hasan Kaya tarafından geliştirilip literatüre sunulan ve EKAP işlemleri esnasında meydana gelebilecek olan rotasyon sorunlarını ortadan kaldıran Hexa-EKAP kalıbı kullanılarak 210 ºC sıcaklıkta preslenmiştir. Şekil 1c' de de bir tanesinin görüldüğü gibi söz konusu Hexa-EKAP kalıbından çıkan 1 paso, 2 paso, 3 paso ve 4 paso EKAP yapılmış numuneler 2006 Çin üretimi Vouga 2s markalı üniversal freze tezgahında işlenmeden önce presleme pim izlerinin ve çapaklarının giderilmesi amacıyla torna tezgahında işlenmiştir. Daha sonra Tablo 1 de belirlenen parametrelerde bütün numuneler, ayrı ayrı Şekil 1d'de gösterilen 12mm çapındaki kesme çakısı ile alın frezeleme işlemi yapılmıştır. Böylelikle beş farklı malzeme için tekrarlanan dokuz parametre için toplam 45 adet işlem yapılmıştır.



Şekil 1. (a) AA6082 Numune



(b) Hexa-EKAP çizim ve kalıbı(Hasan Kaya 2013)



(c) Hexa-EKAP kalıbından çıkan numune



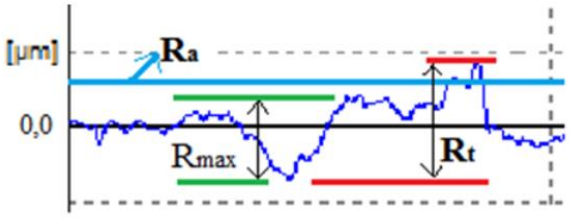
(d) Kullanılan freze çakısı

Tablo 1 Freze işleme parametreleri

#	İlerleme Hızı (mm/rpm)	Kesme Derinliği (mm)
1	400	0,3
2	800	1
3	1200	1,5

Yüzey pürüzlülük ölçümlerinin yapılabilmesi amacıyla "MarSurf M300C" marka ölçüm cihazı kullanılarak her malzeme için işlenen yüzeyden üçer ölçüm alınmış ve elde edilen ölçümlerin aritmetik ortalamaları alınarak değerlendirilme yapılmıştır. Yüzey pürüzlülükleri için Şekil 2'de görüldüğü gibi farklı farklı parametreler bulunmaktadır. Çalışma alanlarına göre bu parametrelerin kullanım alanları

değişiklik gösterse bile, bu parametreler arasında literatürde ve sanayide en çok kullanılan ve ölçülen yüzey hakkında genel bir fikir veren parametre "Aritmetik Ortalama Pürüzlülüğü (R_a)" veya "Merkez Çizgi Ortalaması (Center Line Average (CLA))" olarak adlandırılan R_a olduğu için bu çalışma için de bu parametre kullanılarak karşılaştırmalar yapılmıştır.



Şekil 2 Yüzey Pürüzlülüğü Parametreleri; R_a, Mutlak Değerlerin Aritmetik Ortalamasıdır, R_t Profilin Maksimum Yüksekliğidir ve R_{max}, Maksimum Pürüzlülük Derinliğidir.

SONUÇ

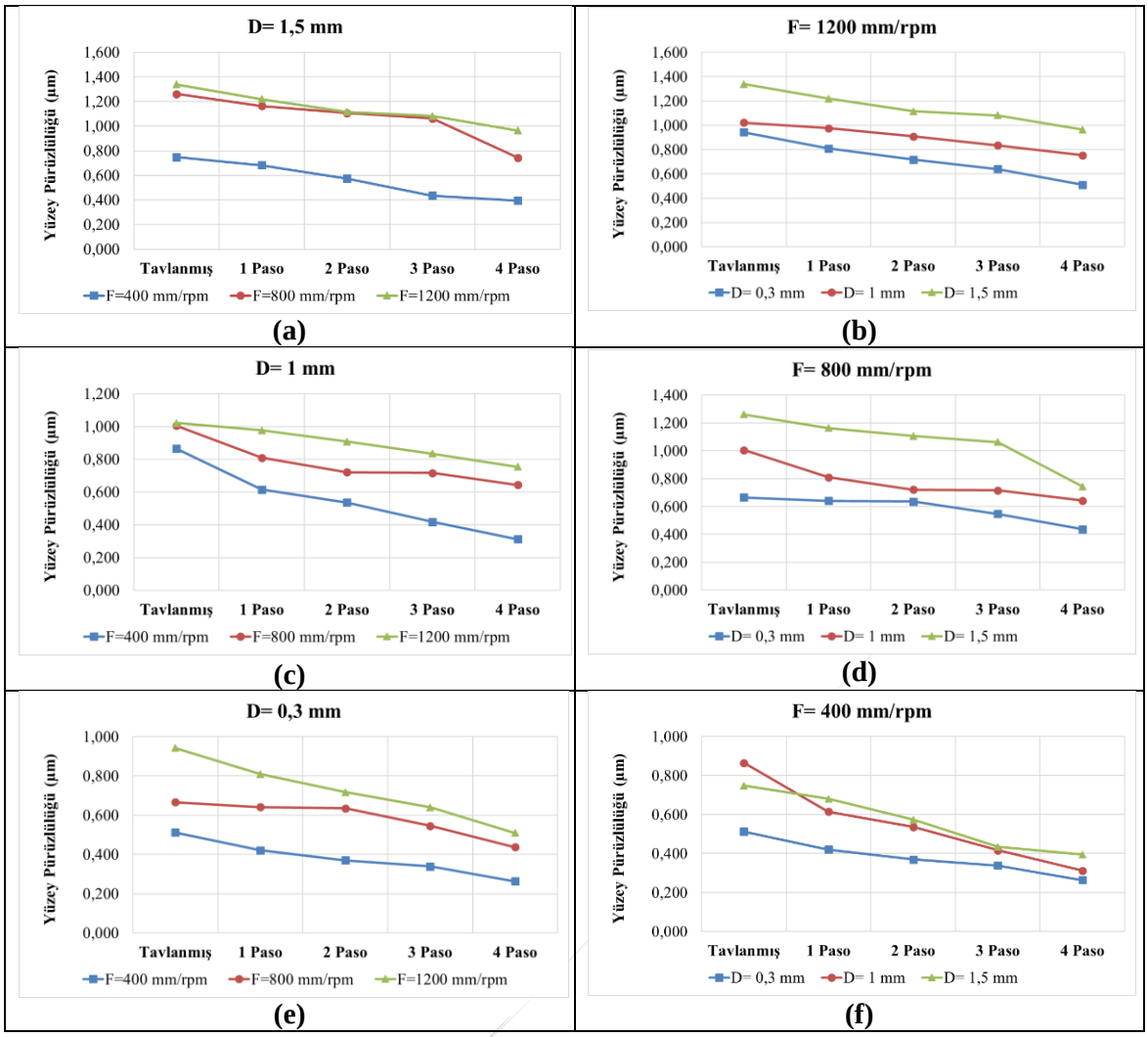
Yapılan deneysel çalışma soncunda tavlanmış ve EKAP ile işlenmiş numunelerin alın frezeleme işlemleri yapıldıktan sonra işlenen yüzey hakkında genel bir fikir edinilmek istenildiği için Aritmetik Ortalama Pürüzlülük (R_a) parametresi incelenmiştir. Yapılan yüzey pürüzlülük ölçümleri hataları en aza indirebilmek amacıyla üçer tekrar olarak yapılmış ve yapılan üçer ölçümün aritmetik ortalama değerleri kullanılmıştır. Elde edilen tüm ölçümler detaylı olarak Tablo 2'de verilmiştir.

EKAP işleminin ve EKAP işleminde paso sayısının doyum noktasına ulaşıncaya kadar malzemelerin sertliği, çekme mukavemeti, yorulma mukavemeti gibi mekanik özelliklerinin iyileşmesine neden olduğu bilinmektedir (Hasan Kaya, 2012; Hasan Kaya 2013; Özbeyaz et al. 2019). Elde edilen Tablo 2 değerlerinin daha kolay anlaşılabilmesi amacıyla Şekil 3'teki grafikler çizilmiştir. Şekil 3a-3f grafikleri detaylı olarak incelendiğinde EKAP işleminin bütün durumlarda tavlanmış malzemelerden daha düşük yüzey pürüzlülük değerine sahip olduğu görülmüştür. Yine aynı şekilde EKAP işlemindeki paso sayısının da artması ile birlikte yüzey pürüzlülük değerlerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Bu sonuç ise EKAP işleminin paso sayısının artması ile malzemenin işlenebilirliğini kolaylaştırdığı anlamına gelmektedir. Bu benzer sonucu (Krállics, Horváth, and Nyirő 2006) da yapmış oldukları çalışmalarda elde etmişlerdir. Yine (Antonialli et al. 2012; Hasan Kaya, 2012; Wiesinger, Baumann, and Krystian 2018) yapmış oldukları çalışmalarda paso sayısının artması ile daha kolay işlenebilir olduğunu işlem esnasında elde ettikleri kesme yüklerinin azalması ile de göstermişlerdir. Bu çalışma kapsamında freze işlemi yapılırken etkilerinin incelendiği kesme derinliğinin artması ile birlikte elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinin arttığı diğer bütün parametrelerin sabit tutulup sadece kesme derinliğinin değiştirilerek yapılan ölçüm sonuçlarını gösteren Şekil 3a, 3c ve 3e'de verilen grafiklerde açıkça görülebilmektedir. İlerleme hızı parametresinin etkisini incelemek amacıyla yine diğer bütün parametrelerin sabit tutulup sadece ilerleme hızının değiştirilerek yapılan ölçüm sonuçlarını gösteren Şekil 3b, 3d ve 3f'de verilen grafiklerde görülebildiği üzere ilerleme hızının arması ile birlikte malzemenin işlenebilirlik özelliğinin azaldığını gösteren ortalama yüzey pürüzlülük değerinin azaldığı sonucuna varılmıştır. (Ozbeyaz 2014) yapmış olduğu yüksek lisans tezinde freze işlem parametrelerinin etkilerini incelemiştir. Yapmış olduğu çalışma sonucunda kesme derinliğinin ve ilerleme hızının artması ile birlikte yüzeylerin daha pürüzlü çıktığı sonucuna varmıştır. Benzer bir sonucu (Skiba et al. 2020) yapmış oldukları çalışmalarda da elde etmişlerdir. Freze veya benzeri talaşlı işlemler yapılırken kesme derinliğinin ve ilerleme hızının yüksek olması durumlarında yüzeylerin daha pürüzlü olması sonucuna varılmasına rağmen malzemelerin her zaman minimum kesme derinliğinde ve/veya ilerleme hızlarında tutulması mümkün değildir. Çünkü bu durumlarda işlem süreleri artacaktır. Dolayısıyla üretim maliyetleri de artmış olacaktır. Bu nedenle bu parametreler kullanım alanlarına göre optimum olarak belirlenmelidir.

Tablo 2 Deneysel olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri (R_a)

Malzeme Durumu	#	F (mm/rpm)	D (mm)	Ra 1 (µm)	Ra 2 (µm)	Ra 3 (µm)	ORT. (µm)

Tavlanmış	1	400	0,3	0,549	0,485	0,503	**0,512**
Tavlanmış	2	400	1	0,887	0,813	0,894	**0,865**
Tavlanmış	3	400	1,5	0,748	0,704	0,792	**0,748**
Tavlanmış	4	800	0,3	0,714	0,631	0,654	**0,666**
Tavlanmış	5	800	1	0,986	0,961	1,067	**1,005**
Tavlanmış	6	800	1,5	1,278	1,216	1,287	**1,260**
Tavlanmış	7	1200	0,3	0,965	0,874	0,987	**0,942**
Tavlanmış	8	1200	1	1,024	0,971	1,069	**1,021**
Tavlanmış	9	1200	1,5	1,325	1,283	1,407	**1,338**
1 Paso	10	400	0,3	0,484	0,309	0,471	**0,421**
1 Paso	11	400	1	0,659	0,582	0,604	**0,615**
1 Paso	12	400	1,5	0,688	0,649	0,706	**0,681**
1 Paso	13	800	0,3	0,649	0,602	0,674	**0,642**
1 Paso	14	800	1	0,812	0,768	0,848	**0,809**
1 Paso	15	800	1,5	1,168	1,149	1,175	**1,164**
1 Paso	16	1200	0,3	0,812	0,768	0,848	**0,809**
1 Paso	17	1200	1	0,975	0,926	1,027	**0,976**
1 Paso	18	1200	1,5	1,214	1,136	1,308	**1,219**
2 Paso	19	400	0,3	0,387	0,347	0,376	**0,370**
2 Paso	20	400	1	0,524	0,518	0,565	**0,536**
2 Paso	21	400	1,5	0,628	0,571	0,522	**0,574**
2 Paso	22	800	0,3	0,684	0,598	0,624	**0,635**
2 Paso	23	800	1	0,712	0,784	0,666	**0,721**
2 Paso	24	800	1,5	1,181	1,042	1,096	**1,106**
2 Paso	25	1200	0,3	0,785	0,652	0,714	**0,717**
2 Paso	26	1200	1	0,886	0,925	0,914	**0,908**
2 Paso	27	1200	1,5	1,142	1,088	1,119	**1,116**
3 Paso	28	400	0,3	0,312	0,308	0,396	**0,339**
3 Paso	29	400	1	0,396	0,414	0,442	**0,417**
3 Paso	30	400	1,5	0,439	0,388	0,476	**0,434**
3 Paso	31	800	0,3	0,548	0,507	0,583	**0,546**
3 Paso	32	800	1	0,724	0,708	0,717	**0,716**
3 Paso	33	800	1,5	0,987	1,085	1,113	**1,062**
3 Paso	34	1200	0,3	0,647	0,583	0,691	**0,640**
3 Paso	35	1200	1	0,865	0,797	0,842	**0,835**
3 Paso	36	1200	1,5	1,115	1,046	1,083	**1,081**
4 Paso	37	400	0,3	0,247	0,321	0,222	**0,263**
4 Paso	38	400	1	0,344	0,301	0,290	**0,312**
4 Paso	39	400	1,5	0,428	0,364	0,391	**0,394**
4 Paso	40	800	0,3	0,425	0,402	0,486	**0,438**
4 Paso	41	800	1	0,688	0,596	0,645	**0,643**
4 Paso	42	800	1,5	0,745	0,704	0,781	**0,743**
4 Paso	43	1200	0,3	0,539	0,488	0,502	**0,510**
4 Paso	44	1200	1	0,752	0,736	0,774	**0,754**
4 Paso	45	1200	1,5	0,978	0,954	0,963	**0,965**



Şekil 3. Kesme derinliği ve ilerleme hızlarına göre elde edilen ortalama R_a grafikleri

TARTIŞMA

Bu çalışma kapsamında sanayide sıklıkla kullanılan AA6082 alaşımı kullanılarak hazırlanmış olan tavlanmış, EKAP 1 paso, EKAP 2 paso, EKAP 3 paso ve EKAP 4 paso numunelerinin aynı freze tezgahında aynı freze çakısı, aynı dönme hızı ve yönünde ancak farklı kesme derinlikleri (0.3mm, 1mm ve 1.5mm) ve farklı ilerleme hızlarında (400 mm/rpm, 800 mm/rpm ve 1200 mm/rpm) talaş kaldırma işlemi yapılmış ve elde edilen yüzeylerin ortalama yüzey pürüzlülük (R_a) değerleri üçer tekrar olarak ölçülmüştür. Freze işlemleri optimum parametrelerde yapılmadığı durumlarda veya malzemeye uygun parametreler belirlenemediği durumlarda malzemelerin kolay işlenebilir olmadığını gösteren ortalama yüzey pürüzlülük (R_a) değerleri yüksek çıkacaktır. Böylelikle aynı koşullar altında yapılan bu deneysel çalışma sonucunda hem EKAP işleminin ve paso sayısının hem de freze işlemi için önemli parametrelerden olan kesme derinliği ile ilerleme hızlarının etkilerinin malzemenin işlenebilir özelliği hakkında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Sekil 3'de yer alan altı grafik incelendiğinde; yüzey pürüzlülük değerlerinin EKAP ile işlenmiş malzemeler için daha küçük çıktığı görülmüştür.
- Yine Şekil 3'de görüldüğü üzere paso sayısı arttıkça malzemenin daha kolay işlenebilir olduğunu gösteren ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinin küçüldüğü görülmüştür.
- Şekil 3a, 3c ve 3e incelendiğinde; kesme derinliği sabit olduğu durumlarda, ilerleme hızlarının artması ile birlikte malzemenin ortalama yüzey pürüzlülük değerinin de arttığı sonucuna varılmıştır. Dolayısıyla ilerleme hızı arttıkça malzemenin işleneblilirlik özelliği azalmıştır.
- Şekil 3b, 3d ve 3f incelendiğinde; ilerleme hızı sabit olduğu durumlarda, kesme derinliğinin artması durumunda ilerleme hızında olduğu gibi malzemenin ortalama yüzey pürüzlülük

değerinin de arttığı ve malzemenin işlenebilirlik özelliğini olumsuz yönde etkilediği görülmüştür.

- Yapılan çalışma sonucunda AA6082 alaşımın freze işlemi sonucunda elde edilen en büyük yüzey pürüzlülük değerinin Tavlanmış malzemenin, 1200mm/rpm ve 1,5 mm kesme derinliği parametreleri için 1,338µm olarak ölçülmüştür.
- Yine yapılan çalışma sonucunda AA6082 alaşımın freze işlemi sonucunda elde edilen en küçük yüzey pürüzlülük değerinin EKAP ile 4 paso preslenmiş malzemenin, 400mm/rpm ve 0,3 mm kesme derinliği parametreleri için 0,263µm olarak ölçülmüştür.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesi aşamasında EKAP ile presleme işlemlerinin yapılabilmesi amacıyla laboratuvarında çalışmalarımıza izin vermesinden ötürü Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği Bölümüne ve Başkanı Prof. Dr. Mehmet Uçar'a, teşekkürü borç bilirim. Ayrıca Marmara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine mühendisliği bölümüne ve takım tezgahları at ölyesi sorumlusu Ahmet ÖZKORUCU'ya yardımlarından dolayı teşekkür ederim. Son olarak Marmara Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne "5874" proje numarası, "FEN-C-DRP-141118-0593" kodlu ve "Demir Dışı Alaşımların Değişken Bükümlü Kanallı Açısal Presleme (TV-CAP) ile Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi" başlıklı proje ile desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

Antonialli, Armando Ítalo Sette, Anibal de Andrade Mendes Filho, Vitor Luiz Sordi, and Maurizio Ferrante. 2012. "The Machinability of Ultrafine-Grained Grade 2 Ti Processed by Equal Channel Angular Pressing." *Journal of Materials Research and Technology* 1(3): 148–53. http://dx.doi.org/10.1016/S2238-7854(12)70026-1.

Hasan Kaya,. 2012. "The Effect of Aging on the Machinability of AA7075 Aluminium Alloy." *Scientific Research and Essays* 7(27): 2424–30.

Hasan Kaya. 2013. "Eşit Kanal Açısal Presleme (EKAP) ve Yarı Katı İşlemle Üretilen Aa7075 Alaşımının Mikroyapı, Sertlik Ve Yorulma Davranışının İncelenmesi." Kocaeli üniversitesi fen.

Krállics, Gy., M. Horváth, and J. Nyirő. 2006. "Forming and Machining of the Nano-Crystalline Alloys." *4M 2006 - Second International Conference on Multi-Material Micro Manufacture*: 175–78.

Özbeyaz, Kerim. 2014. "Prediction Of Surface Roughness Value For Machining Of Aluminum 1050 Material By Using Articial Neural Network." : 125.

Özbeyaz, Kerim et al. 2019. "Mechanical Properties and Electrical Conductivity Performance of ECAP Processed AA2024 Alloy." *Indian Journal of Chemical Technology (IJCT)* 26: 266–69. http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/48458/1/IJCT 26%283%29 266-269.pdf.

Segal, V.M. 1999. "Equal Channel Angular Extrusion: From Macromechanics to Structure Formation." *Materials Science and Engineering: A* 271(1–2): 322–33.

Skiba, Jacek et al. 2020. "The Impact of Severe Plastic Deformations Obtained by Hydrostatic Extrusion on the Machinability of Ultrafine-Grained AA5083 Alloy." *Journal of Manufacturing Processes* 58(October 2019): 1232–40. https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2020.09.023.

Srinivas, B., Ch. Srinivasu, Banda Mahesh, and Md Aqheel. 2013. "A Review on Severe Plastic Deformation." *International Journal of Advanced Materials Manufacturing and Characterization* 3(1): 291–95.

Valiev, Ruslan Z. et al. 2016. "Producing Bulk Ultrafine-Grained Materials by Severe Plastic Deformation: Ten Years Later." *Jom* 68(4): 1216–26. http://link.springer.com/10.1007/s11837-016-1820-6.

Wiesinger, Gerhard, Christian Baumann, and Maciej Krystian. 2018. "Impact of Equal Channel Angular Pressing (ECAP) on the Machinability of an Aluminium Alloy (EN AW-6082)." *Materials Today: Proceedings* 5(13): 26654–60. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.08.131.

GENİŞLEMELİ EŞ KANALLI AÇISAL PRESLEME (GEN.-EKAP) PROSESİNİN SAF BAKIRIN İŞLENEBİLİRLİĞİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Serkan ÖĞÜT
Marmara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi
serkan.ogut@marmara.edu.tr

Hasan KAYA
Kocaeli Üniversitesi, Asım Kocabıyık MYO, Makine Programı
hasan.kaya@kocaeli.edu.tr

Aykut KENTLİ
Marmara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi
akentli@marmara.edu.tr

Özet

Hızlı bir şekilde gelişmekte olan teknoloji ve artan rekabet sebebiyle, mühendislik malzemelerinin özelliklerinde iyileştirmeler yapılması son yıllarda bir zorunluluk haline gelmiştir. Aşırı plastik deformasyon (APD) yöntemleri bu iyileştirmeleri sağlamak amacıyla son otuz yılda sıklıkla tercih edilen yöntemlerdir. APD yöntemleri sayesinde ultra ince tanecikli (UİT) mikro yapılar elde edilebilmekte ve bu sayede malzemelerin mekanik özellikleri iyileştirilebilmektedir. Eş kanallı açısal presleme (EKAP) en çok tercih edilen APD yöntemlerinden birisidir. Son yıllarda bu yöntem üzerinde yapılan bazı değişikliklerle modifiye EKAP yöntemleri ortaya çıkarılmıştır. Bu yöntemlerden birisi ise genişletilmiş eş kanallı açısal presleme (Gen.-EKAP) yöntemidir. Gen.-EKAP yöntemi sayesinde malzemelerin mekanik özelliklerinde EKAP yöntemine göre daha fazla iyileşmeler elde edilebilmektedir. Saf bakır, yüksek elektriksel iletkenliğe sahip olmakla birlikte mukavemet ve sertlik değerleri düşük bir malzemedir. Düşük mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla APD yöntemlerinin saf bakıra uygulandığı bazı çalışmalar bulunmaktadır. Fakat Gen.-EKAP yönteminin saf bakıra uygulanması yeni bir yaklaşımı sergilemektedir. Bu çalışma kapsamında Gen.-EKAP yöntemi saf bakıra uygulanmıştır. Tavlanmış ve Gen.-EKAP uygulanmış numuneler freze ile 600 mm/rpm, 900 mm/rpm ve 1200 mm/rpm ilerleme hızları ve 0.4 mm, 0.8 mm ve 1.2 mm kesme derinlikleri ile işlenmişlerdir. Sonrasında ise yüzey pürüzlülük değerleri ölçülmüştür. Böylelikle Gen.-EKAP yönteminin saf bakırın işlenebilirlik özelliğine etkisi incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: APD, Gen.-EKAP, Saf Bakır, İşlenebilirlik

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF EXPANSION EQUAL-CHANNEL ANGULAR PRESSING (EXP.-ECAP) PROCESS ON THE MACHINABILITY OF PURE COPPER

Abstract

Due to rapidly developing technology and increasing competition, to make improvements in the properties of engineering materials have become a necessity in recent years. Severe plastic deformation (SPD) methods have been frequently preferred in the last thirty years to achieve these improvements. Thanks to SPD methods, ultra-fine grained (UFG) microstructures can be obtained and thus the mechanical properties of materials can be improved. Equal angular pressing (ECAP) is one of the most preferred SPD methods. In recent years, modified ECAP methods have been introduced with some changes made on this method. One of these methods is the expansion equal channel angular pressing (Exp.-ECAP) method. Thanks to the Exp.-ECAP method, further improvements can be achieved in mechanical properties of materials compared to the ECAP method. Although pure copper has high electrical conductivity, it is a material with low strength and hardness values. There have been some studies in which APD methods have been applied to pure copper in order to improve its low mechanical properties. However, the application of the Exp.-ECAP method to pure copper is a new approach. In

this study, Exp.-ECAP method was applied to pure copper. Annealed and Exp.-ECAP applied specimens were milled with 600 mm / rpm, 900 mm / rpm and 1200 mm / rpm feed rates and 0.4 mm, 0.8 mm and 1.2 mm cutting depths. Subsequently, surface roughness values were measured. Thus, the effect of Exp.-ECAP method on the workability of pure copper was investigated.

Keywords: SPD, Exp.-ECAP, Pure copper, Machinability

1. GİRİŞ

Aşırı Plastik Deformasyon (APD) yöntemleri, malzemelerin mikro yapılarını ve mekanik özelliklerini iyileştirmek amacıyla son otuz yılda sıklıkla tercih edilen bir yöntemdir. APD yöntemlerinde malzemeye yüksek miktarda gerinimler uygulanarak tane boyutlarında küçülmeler meydana gelmekte ve Ultra İnce Taneli (UİT) yapılar elde edilmektedir (Z. Valiev and G. Langdon 2006). Yüksek Basınçlı Burulma (YBB) (Zhilyaev and Langdon 2008), Büküm Ekstrüzyon((BE) (Beygelzimer et al. 2009), Çok Eksenli Dövme (ÇED) (Xing et al. 2005) gibi birçok APD yöntemi olmasına rağmen en sık kullanılan APD yöntemi Eş Kanallı Açısal Presleme (EKAP) (Iwahashi et al. 1996) yöntemidir. Bunun en önemli sebebi yöntemin basit bir deneysel düzenek ile yürütülebilmesi ve tekrarlı bir şekilde uygulanabilmesidir. EKAP yöntemi birbirine dik iki eşit kanala sahip olan bir kalıpta, numunenin basılması prensibine dayanmaktadır. Presleme işlemi sonucunda kalıptan çıkan numunenin boyutlarında herhangi bir değişikli meydana gelmediği için aynı işlem tekrar tekrar uygulanabilmektedir ve bu tekrarlara paso denilmektedir. Pasolar arasında, numunenin kalıba yerleştirilmesi esnasında numunenin ekseni etrafındaki döndürme açısına bağlı olarak farklı EKAP rotaları uygulanabilmektedir (Langdon 2007). EKAP yöntemi bu popülaritesi ve verimliliği sebebiyle birçok çalışmacı tarafından tercih edilmekle birlikte, son yıllarda bu yöntem üzerinde bazı modifikasyonlar gerçekleştirilerek EKAP yönteminin verimliliği artırılmaya çalışılmaktadır. Genişletilmiş Eş Kanallı Açısal Presleme (Gen.-EKAP) yöntemi bu yöntemlerden birisidir (Sepahi-Boroujeni and Fereshteh-Saniee 2015).

Talaşlı imalat yöntemleri oldukça sık tercih edilen metal şekillendirme yöntemlerindendir. Frezeleme işlemi ise en sık tercih edilen metal şekillendirme yöntemlerinden bir tanesidir. Frezeleme işleminde, işlenecek parçanın uygun işlem parametrelerinde işlenmesi hem parçanın daha iyi bir son yüzeye sahip olması hem de kullanılan çakının ömrünün uzaması açısından oldukça önemlidir. Bu sebeple, literatürde, uygun işleme parametrelerinin ve uygun çakıların belirlenebilmesi amacıyla yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Malzemeler uygun parametreler kullanılarak işlendiğinde daha düşük yüzey pürüzlülük değerlerine sahip olmaktadır. İşlenecek parçanın malzemesine uygun parametreler belirlense de bazen bu parametrelerin uygulanması zaman ve maliyet bakımından uygun olmayabilmektedir. Bu durumda arzu edilen parametrelerle talaş kaldırma işleminin yapılabilmesi için malzemelerin işlenebilirlik özelliklerinin artırılması amaçlanmaktadır. Aşırı plastik deformasyon yöntemlerinin malzemelerin işlenebilirlikleri üzerine etkilerinin incelendiği bazı çalışmalar bulunmaktadır (Skiba et al. 2020; Wiesinger, Baumann, and Krystian 2018).

Bu çalışmada Gen.-EKAP yönteminin saf bakırın işlenebilirliği üzerine etkisi incelenecektir. Bu amaçla Gen-EKAP ile 1 paso, 2 Paso, 3 paso ve 4 paso işlenmiş saf bakır ile tavlanmış saf bakır belirli parametreler kullanılarak frezeleme işlemine tabi tutulacaktır. Kullanılan parametreler ilerleme hızı ve kesme derinliği olup, ilerleme hızı için 400 mm/rpm, 800 mm/rpm ve 1200 mm/rpm değerleri tercih edilirken, kesme derinliği için 0.4 mm, 0.8 mm ve 1.2 mm değerleri tercih edilmiştir. Frezeleme işlemlerinden sonra yüzeylerden yüzey pürüzlülük değerleri ölçülecek ve böylece Gen.-EKAP prosesinin saf bakırın işlenebilirliği üzerindeki etkisi incelenmiş olacaktır.

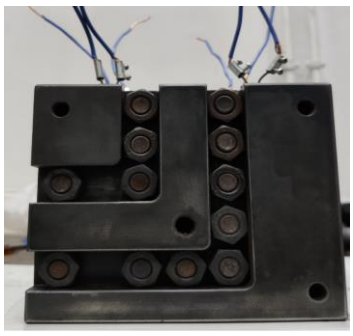
2. MATERYAL VE METOD

Deneysel çalışmanın ilk aşamasında saf bakır numuneler Gen.-EKAP kalıbındaki kanallara uygun ölçülere getirilmiştir. Numuneler 75 mm uzunluğunda kesildikten sonra tornalama işlemi ile 15.8 mm çapa indirilmişlerdir. Şekil 1.a'da üretilmiş saf bakır numune örneği görülebilmektedir. Numunelerin üretilmesinin ardından, Gen.-EKAP prosesi öncesi tavlama işlemine geçilmiştir. Numuneler 600 ^{o}C sıcaklıkta iki saat süre ile tavlanmıştır. Tavlama işleminden sonra numuneler Şekil 1.b'de görülen Gen.-EKAP kalıbında 1, 2, 3 ve 4 paso olarak 200 ^{o}C sıcaklıkta basılmışlardır. Numuneler ve kalıp basma

işlemi öncesi molibden disülfür (MoS_2) ile yağlanmışlardır. Bu sayede, proses esnasında numuneler ve kalıp arasında oluşan sürtünme kuvveti azaltılmıştır. Gen.-EKAP kalıbında basılmış numunelerden bir tanesi Şekil 1.c'de gösterilmektedir.



Şekil 1. (a) Saf Bakır Numune



(b) Gen.-EKAP kalıbı

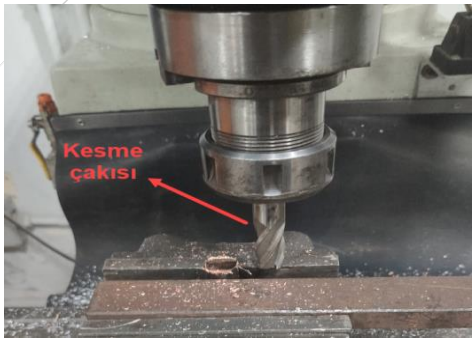


(c) Gen.-EKAP kalıbında basılan numune

Gen.-EKAP işlemi sonrasında numunelerin baş kısmında bulunan topaç biçimindeki kısım tornalama işlemi ile silindirik hale getirilmiştir. Böylece numunelerin frezeye bağlanmaları kolaylaştırılmıştır. Bu işlemin ardından tavlanmış, 1 paso, 2 paso, 3 paso ve 4 paso Gen.-EKAP numuneler frezeleme işlemine tabi tutulmuşlardır. Freze işlemleri Vouga 2s markalı üniversal freze tezgahında 12 mm çapındaki kesme çakısı ile gerçekleştirilmiştir. Freze ve kesme çakısı Şekil 2 de gösterilmektedir. Toplam beş numunenin her biri için dokuz farklı kesme derinliği ve ilerleme hızı değeri kullanılarak frezeleme işlemi yapılmıştır. İlerleme hızı değerleri olarak 600 mm/ rpm, 900 mm/ rpm ve 1200 mm/ rpm tercih edilirken, kesme derinliği değerleri olarak 0.4 mm, 0.8 mm ve 1.2 mm tercih edilmiştir.



Şekil 2. (a) Kullanılan üniversal freze tezgahı



(b) Kullanılan kesme çakısı

Freze işlemlerinin tamamlanmasının ardından ise yüzey pürüzlülüğü ölçme işlemine geçilmiştir. Yüzey pürüzlülük ölçümlerinde "MarSurf M300C" marka ölçüm cihazı kullanılmıştır. Ölçümler frezeleme işleminin yapıldığı yüzeyde üç farklı noktada yapılmıştır. Üç noktadan alınan yüzey pürüzlülük değerlerinin (Ra) ortalaması hesaplanarak o yüzeye ait yüzey pürüzlülük değeri olarak kabul edilmiştir.

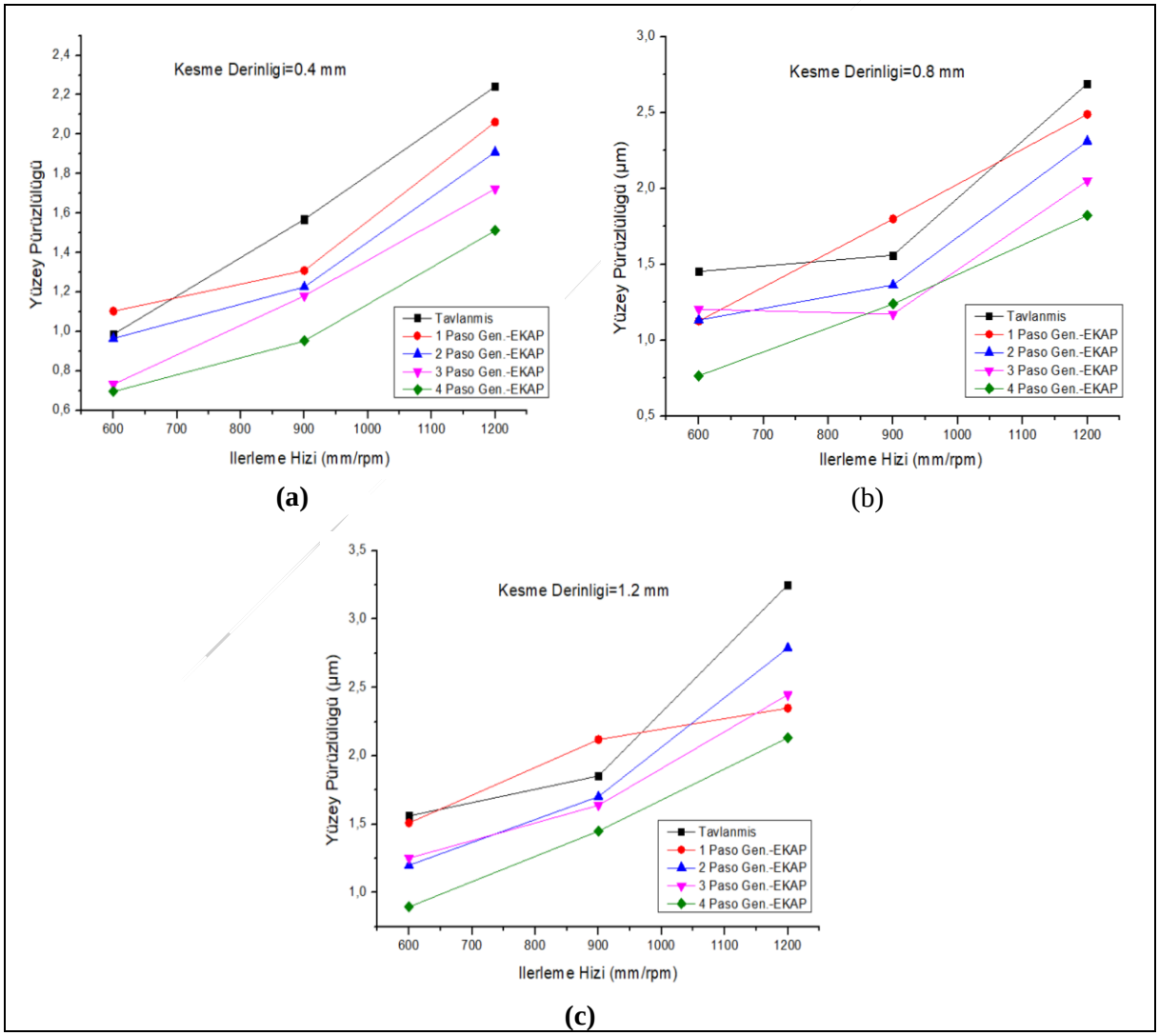
3. SONUÇ

Deneysel çalışmalarda kullanılan parametreler ve elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1 detaylı şekilde incelendiğinde her bir deney için üç farklı noktadan yüzey pürüzlülüğü ölçüldüğü ve bu değerlerin ortalamasının alındığı, böylelikle ölçüm esnasındaki hataların minimize edildiği görülmektedir.

Tablo 3 Freze işlem parametreleri ve paso sayılarına karşılık gelen yüzey pürüzlülük değerleri

Deney No.	Kesme Derinliği (mm)	Paso sayısı	İlerleme Hızı (mm/rpm)	Ra 1 (µm)	Ra 2 (µm)	Ra 3 (µm)	Ortalama (µm)
1	0,4	Tavlanmış	600	0,796	1,197	0,966	0,986
2	0,4	Tavlanmış	900	1,266	1,904	1,537	1,569
3	0,4	Tavlanmış	1200	1,809	2,720	2,196	2,242
4	0,4	1 Paso	600	1,026	1,101	1,182	1,103
5	0,4	1 Paso	900	1,218	1,307	1,403	1,309
6	0,4	1 Paso	1200	1,918	2,059	2,209	2,062
7	0,4	2 Paso	600	0,951	0,940	1,003	0,965
8	0,4	2 Paso	900	1,208	1,195	1,275	1,226
9	0,4	2 Paso	1200	1,881	1,759	2,090	1,910
10	0,4	3 Paso	600	0,727	0,799	0,671	0,732
11	0,4	3 Paso	900	1,172	1,287	1,081	1,180
12	0,4	3 Paso	1200	1,711	1,880	1,579	1,723
13	0,4	4 Paso	600	0,686	0,706	0,695	0,695
14	0,4	4 Paso	900	0,939	0,966	0,952	0,952
15	0,4	4 Paso	1200	1,490	1,534	1,511	1,512
16	0,8	Tavlanmış	600	1,762	1,423	1,172	1,452
17	0,8	Tavlanmış	900	1,893	1,528	1,259	1,560
18	0,8	Tavlanmış	1200	3,263	2,635	2,171	2,690
19	0,8	1 Paso	600	1,081	1,247	1,050	1,126
20	0,8	1 Paso	900	1,727	1,992	1,678	1,799
21	0,8	1 Paso	1200	2,485	2,666	2,315	2,489
22	0,8	2 Paso	600	1,043	1,239	1,115	1,132
23	0,8	2 Paso	900	1,256	1,492	1,343	1,364
24	0,8	2 Paso	1200	2,128	2,529	2,276	2,311
25	0,8	3 Paso	600	1,364	1,108	1,140	1,204
26	0,8	3 Paso	900	1,328	1,078	1,110	1,172
27	0,8	3 Paso	1200	2,237	1,879	2,036	2,050
28	0,8	4 Paso	600	0,776	0,765	0,754	0,765
29	0,8	4 Paso	900	1,257	1,238	1,221	1,239
30	0,8	4 Paso	1200	1,848	1,821	1,796	1,822
31	1,2	Tavlanmış	600	1,528	1,893	1,259	1,560
32	1,2	Tavlanmış	900	1,815	2,248	1,495	1,853
33	1,2	Tavlanmış	1200	3,184	3,943	2,623	3,250
34	1,2	1 Paso	600	1,613	1,457	1,456	1,509
35	1,2	1 Paso	900	2,265	2,046	2,045	2,119
36	1,2	1 Paso	1200	2,559	2,344	2,142	2,348
37	1,2	2 Paso	600	1,312	1,104	1,181	1,199
38	1,2	2 Paso	900	1,862	1,566	1,675	1,701
39	1,2	2 Paso	1200	3,052	2,568	2,746	2,789
40	1,2	3 Paso	600	1,184	1,294	1,275	1,251
41	1,2	3 Paso	900	1,551	1,695	1,670	1,638
42	1,2	3 Paso	1200	2,242	2,669	2,429	2,447
43	1,2	4 Paso	600	0,895	0,908	0,883	0,895
44	1,2	4 Paso	900	1,449	1,471	1,429	1,449
45	1,2	4 Paso	1200	2,131	2,163	2,101	2,132

İlerleme hızı, kesme derinliği ve Gen.-EKAP paso sayısı gibi parametrelerin her birinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerinin daha kolay anlaşılabilmesi için Şekil 3'teki grafikler çizdirilmiştir. Şekil 3a-c'deki grafikler incelendiğinde Gen.-EKAP işlemine tabi tutulan numunelere ait yüzey pürüzlülüğü değerlerinin tavlanmış numunelerinkine göre daha düşük olduğu görülmektedir. Aynı grafiklerde, Gen.-EKAP prosesine ait paso sayılarındaki artışla birlikte yüzey pürüzlülüğü değerlerinin düşüş gösterdiği görülmektedir. Bu sonuçlar Gen.-EKAP prosesinde artan paso sayısının malzemenin işlenebilirliğini artırdığını göstermektedir. Benzer sonuçları (Morehead, Huang, and Ted Hartwig 2007; Asl et al. 2014) yaptıkları çalışmada elde etmişlerdir. Aynı şekilde (Antonialli et al. 2012; Wiesinger, Baumann, and Krystian 2018) da çalışmalarında paso sayısının işlenebilirliğe etkisini kesme kuvvetinde meydana gelen değişimler üzerinden incelemişlerdir. Bu çalışmalarda da artan paso sayısının işlenebilirliği artırdığı görülmüştür. Bu çalışmada paso sayılarının etkisine ek olarak ilerleme hızı ve kesme derinliğinin de işlenebilirliğe etkileri incelenmiştir. Şekil 3'teki her bir grafik ayrı ayrı incelendiğinde ilerleme hızındaki artışın yüzey pürüzlülüğünü artırdığı görülmektedir. Şekil 3'teki grafikler sabit ilerleme hızı ve paso sayıları için birbirleri ile karşılaştırıldığında ise kesme derinliğinde artışın yüzey pürüzlülüğünde artış meydana getirdiği görülmüştür. Dolayısıyla ilerleme hız ve kesme derinliği değerlerindeki artışın işlenebilirliği azalttığı söylenebilir. Benzer sonuçlar (Skiba et al. 2020) tarafından yapılan çalışmada elde edilmiştir.



Şekil 3. Paso sayıları, ilerleme hızları ve kesme derinliklerine göre elde edilen ortalama R_a grafikleri

4. TARTIŞMA

Bu çalışma kapsamında Gen.-EKAP prosesinin saf bakırın işlenebilirliğine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla saf bakır numuneler öncelikle tavlanmıştır. Sonrasında bu numuneler 1 pasodan 4 pasoya kadar Gen.-EKAP prosesine tabi tutulmuştur. Devamında ise, tavlanmış, Gen.-EKAP 1 paso, Gen.-EKAP 2 paso, Gen.-EKAP 3 paso ve Gen.-EKAP 4 paso numuneler aynı freze çakısı ve sabit kesme hızlarında fakat değişken kesme derinliği (0.3mm, 1mm ve 1.5mm) ve ilerleme hızlarında (600 mm/rpm, 900 mm/rpm ve 1200 mm/rpm) frezeleme işlemine tabi tutulmuştur. Her bir frezeleme işleminden sonra elde edilen yüzeylerden, üçer adet yüzey pürüzlülüğü (Ra) ölçülmüştür. Çalışmanın son kısmında ise Gen.-EKAP paso sayısı, ilerleme hızı ve kesme derinliği değerlerinin yüzey pürüzlülüğüne etkileri incelenmiştir. Yüzey pürüzlülüğü ile işlenebilirlik arasındaki ters orantıdan faydalanılarak, bahsi geçen parametrelerin işlenebilirlik üzerine etkileri de incelenebilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Sekil 3'teki grafikler incelendiğinde, Gen.-EKAP ile işlenmiş bakır numunelerin tavlanmış bakır numuneye göre daha küçük yüzey pürüzlülük değerlerine sahip olduğu görülmüştür.
- Ayrıca, Şekil 3'teki grafiklere bakıldığında, Gen.-EKAP paso sayısındaki artışla birlikte, yüzey pürüzlülüğü değerlerinde bir azalış meydana geldiği görülmüştür.
- Yine Şekil 3'teki grafikler incelendiğinde ilerleme hızı ve kesme derinliğindeki artışlarla birlikte, yüzey pürüzlülüğü değerlerinin arttığı görülmektedir.
- Tablo 1 incelendiğinde, minimum yüzey pürüzlülüğü değerinin Gen.-EKAP 4 pasoluk numunenin 1200 mm/rpm ve 0.4 mm kesme derinliği ile frezeleme işlemine tabi tutulduğu yüzeyinde 0.695 µm olarak elde edildiği görülmüştür.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesi aşamasında sağladığı laboratuvar ve atölye ortamlarından ötürü Marmara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine mühendisliği bölümüne ve talaşlı imalat işlemlerindeki yardımlarından ötürü de takım tezgahları atölyesi sorumlusu Ahmet ÖZKORUCU'ya teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

Antonialli, Armando Ítalo Sette, Anibal de Andrade Mendes Filho, Vitor Luiz Sordi, and Maurizio Ferrante. 2012. "The Machinability of Ultrafine-Grained Grade 2 Ti Processed by Equal Channel Angular Pressing." *Journal of Materials Research and Technology* 1(3): 148–53. http://dx.doi.org/10.1016/S2238-7854(12)70026-1.

Beygelzimer, Y., V. Varyukhin, S. Synkov, and D. Orlov. 2009. "Useful Properties of Twist Extrusion." *Materials Science and Engineering A* 503(1–2): 14–17.

Iwahashi, Yoshinori et al. 1996. "Principle of Equal-Channel Angular Pressing for the Processing of Ultra-Fine Grained Materials." *Scripta Materialia* 35(2): 143–46.

Langdon, Terence G. 2007. "The Principles of Grain Refinement in Equal-Channel Angular Pressing." *Materials Science and Engineering A* 462(1–2): 3–11.

Morehead, Mason, Yong Huang, and K. Ted Hartwig. 2007. "Machinability of Ultrafine-Grained Copper Using Tungsten Carbide and Polycrystalline Diamond Tools." *International Journal of Machine Tools and Manufacture* 47(2): 286–93.

Sepahi-Boroujeni, S., and F. Fereshteh-Saniee. 2015. "Expansion Equal Channel Angular Extrusion, as a Novel Severe Plastic Deformation Technique." *Journal of Materials Science* 50(11): 3908–19.

Skiba, Jacek et al. 2020. "The Impact of Severe Plastic Deformations Obtained by Hydrostatic Extrusion on the Machinability of Ultrafine-Grained AA5083 Alloy." *Journal of Manufacturing Processes* 58(September): 1232–40. https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2020.09.023.

Wiesinger, Gerhard, Christian Baumann, and Maciej Krystian. 2018. "Impact of Equal Channel Angular Pressing (ECAP) on the Machinability of an Aluminium Alloy (EN AW-6082)." *Materials Today: Proceedings* 5(13): 26654–60. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.08.131.

Xing, Jie et al. 2005. "Ultra-Fine Grain Development in an AZ31 Magnesium Alloy during Multi-Directional Forging under Decreasing Temperature Conditions * 1." 46(7): 527–31.

Z. Valiev, Ruslan, and Terence G. Langdon. 2006. "Principles of Equal Channel Angular Pressing as a Processing Tool for Grain Refinement." *Progress in Materials Science* 51: 881–981.

Zhilyaev, Alexander P., and Terence G. Langdon. 2008. "Using High-Pressure Torsion for Metal Processing: Fundamentals and Applications." *Progress in Materials Science* 53(6): 893–979.

INVITATION TO USING N-SCALE CALCULUS IN PHYSICS AND FUTURE OPPORTUNITIES

Furkan Semih Dündar
Amasya University, Technology Faculty, Department of Mechanical Engineering
furkan.dundar@amasya.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-5184-5749

Abstract
We invite researchers to study and develop n-scale calculus (which is a generalization of one-dimensional time-scale calculus) which is a quite new topic. n-scale calculus allows one to define local dimensions. This property may be useful for quantum gravity applications where the dimensionality of space-time changes from four to two dimensions at the Planck scale. n-scales may also be useful to model space-time at the Planck scale by combining continuous and discrete space-time structures into one framework. The Wolfram Model which has been put forward in the first half of the year 2020, uses hypergraphs as the main entities in the universe and in fact the universe as a whole with all of its contents. Although there are some similarities between hypergraphs and n-scales, they are rather different. To conlclude, we provide some comments about the before-mentioned Wolfram Model.

Keywords: n-scale, time-scale, space-time, Wolfram Model.

1. INTRODUCTION

Time-scale calculus unifies discrete and continuous analyses on 1D and has been founded by Hilger (1990). A time-scale is an arbitrary closed subset of $\mathbb{R}$ in the usual topology. For instance, the set of integers, $\mathbb{Z}$, the set $[0,1]$, the set $[0,1] \cup \mathbb{Z}$, and the set of real numbers, $\mathbb{R}$, are all examples of time-scales. For an introduction to time-scales with applications, the reader may consult to a book by Bohner and Peterson (2001).

For physics applications, time-scales, which are one dimensional, are not enough, because discreteness may exhibit itself in more than one dimension. Therefore, a higher dimensional generalization of time-scales has been a necessity. Higher dimensional generalization of time-scales is called as n-scales and has been introduced to the literature by Dündar (2018).

Time-scales has a neighborhood relation induced by the ordering in real numbers. This is also true in regular n-scales, which are defined as the Cartesian product of n time-scales. However, in the general setting, in order to define an n-scale, one must supply a directed graph that indicates which points in an n-scale are neighbors of each other (Dündar, 2018).

2. REASONS TO USE N-SCALE CALCULUS IN PHYSICS

Two main pillars of modern physics, general relativity and quantum theory, although they work quite good on their own domains, fail to give answers when the effects from quantum theory and relativity need to be taken into account simultaneously. Let us give the information paradox as an example.

2.1 Information Paradox

Black holes are atoms of general relativity in that they are the simplest solutions of this theory. Here, let us consider Schwarzschild black holes. This kind of black hole has no angular momentum (it does not “rotate”), has no electrical charge, and is covered by an event horizon. Event horizon is a boundary such that if an object passes through it, it cannot exit the event horizon. Event horizon is a surface of no return. Hence it seems that black holes can only get bigger in time. (When the general theory of relativity was put forward, black holes were thought as mathematical curiosities. But today, we know that they are physical objects. See Figure 1.)

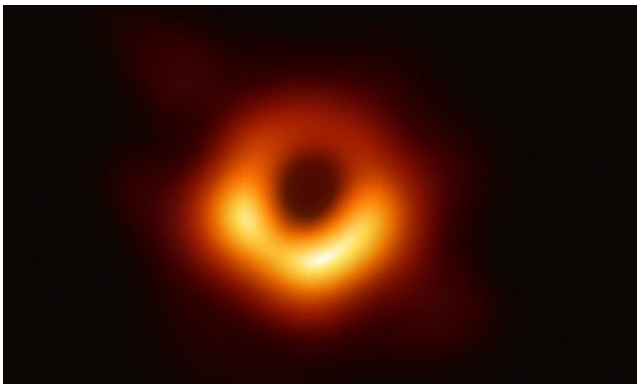


Figure 2 A photograph of the supermassive black hole at the center of Messier 87 galaxy. The glowing part is an accretion disk. Image cropped by the author. Original image is courtesy of European Southern Observatory (ESO). License: CC-BY 4.0 International

However, Hawking (1975) found out in his seminal paper when quantum effects are considered black holes can evaporate. Although what happens at the end of evaporation is an active topic of debate today, Hawking's idea was that black hole erases all the information about the matter and energy from which the black hole formed, evaporating completely. According to quantum mechanics, no information can be destroyed since the time evolution is unitary. This contrast between general theory of relativity and quantum mechanics is the information paradox. Thus, general relativity and quantum mechanics are not compatible with each other and a quantum theory of general relativity is needed.

2.2 Structure of Space-Time at Planck Scale

There are numerous candidates for a theory of quantum gravity. Among these, for example, loop quantum gravity (Rovelli, 2008) and causal dynamical triangulation theory (Loll, 1998) have discrete space-time at the Planck scale, that is at the order of 10^{-35} meter and 10^{-44} seconds. Planck scale is very tiny even compared to the size of atomic nuclei. On the other hand, for example, string theory, where particles correspond to different vibrations of strings, has continuous space-time structure. Without any direct observation chance into the structure of space-time at the Planck level, it may be useful to use a framework where, for example, operations of derivatives and integrals are independent from the fine structure of space-time. This framework is aptly suited for the use of n-scale calculus. Dündar and Arık (2018) used a regular n-scale to model massive scalar field on the n-scale $\alpha^0\mathbb{Z} \times \alpha^1\mathbb{Z} \times \cdots \times \alpha^{n-1}\mathbb{Z}$ where $\alpha^i \in \mathbb{R}^+, \forall i$. It is found out that if a dimension in space-time is discrete either it has to be bounded or should have a cyclic boundary condition. Otherwise the mode solutions of the equation of motion diverges.

2.3 Varying Number of Dimensions

In an n-scale, it is possible to define local dimension at a point based on the number of elements it neighbors. For example, the 2-scale $\mathbb{Z} \times \mathbb{Z}$ is two-dimensional at each point, because every point neighbors four other points, whereas the set-8 (the set that has the topology of the form of number eight, see Figure 2) is one dimensional at every point except the intersection point. The intersection point is two dimensional. This shows a basic example of a 2-scale where dimensionality of points is not the same throughout a 2-scale.

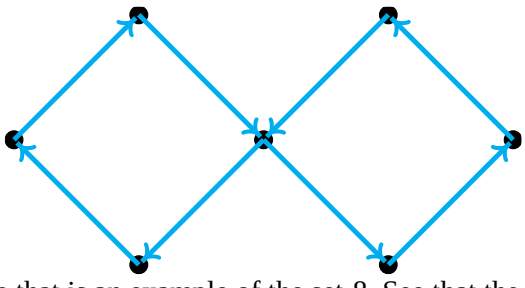


Figure 3 A discrete 2-scale that is an example of the set-8. See that the central point is locally two dimensional whereas the other points are strictly one dimensional.

There is also a hint in quantum gravity research that space-time may have 2 dimensions at the Planck scale rather than the usual 4 dimensions (Carlip, 2017). So, as we have seen in Figure 2, n-scales have the ability to accommodate the idea of different local dimensions at different points, and this may prove useful for quantum gravity research.

3. A VERY SHORT INTRODUCTION TO WOLFRAM MODEL

The Wolfram Model has been put forward in the first half of 2020. The readers might like to see Wolfram (2020) and Gorard (2020a, 2020b, 2020c) for a detailed information and connections with the known physics such as quantum theory or general theory of relativity. In this section, we will consider the similarities and differences between the n-scale calculus and the content of the Wolfram Model.

The basic entity in the Wolfram Model is a hypergraph. A hypergraph is a type of graph where hyperedges may connect more than two vertices. In this model a hypergraph is the whole universe and the contents of the universe is considered to be some graph theoretical properties of the hypergraph. The question of "which properties?" are still under active investigation. Simply put, one-step time evolution of the universe in this model is an application of a re-write rule to the hypergraph that modifies a matching subset of the hypergraph. As a side note, we note that there is a method described in page 197 of (Wolfram, 2020), which cites two other sources, to define local dimension in the Wolfram Model. This idea may be incorporated into the n-scale literature.

Hypergraphs and n-scales has a nonempty intersection, that is, some structures may be an n-scale and an hypergraph at the same time. If an hypergraph is just a graph than it can be thought of as an n-scale if coordinates are assigned to each vertex. An n-scale that has no dense regions is also a hypergraph. Perhaps, a generalizations of n-scales, namely *hyper n-scales*, may be considered to generalize hypergraphs in the Wolfram Model. The difference of hyper n-scales and hypergraphs is that in an hyper n-scale dense regions (*i.e.* continuous regions) are allowed. Remember that the neighborhood structure in an n-scale is provided by a graph, so in hyper n-scales one needs to supplement a hypergraph instead of just a graph. This property might be useful in some contexts. At this point, we can only do speculation.

4. CONCLUSION

In this paper, we have given various ways to use n-scale calculus in physics applications, such as space-time structure that may be discrete or continuous in quantum gravity, a space-time where the number of dimensions change depending on the scale. The n-scale calculus is introduced in (Dündar, 2018) in a rather basic way but it should be improved with more solid studies. Especially the definition of integrals on n-scales should be made more solid.

We put forward a speculation that hyper n-scales may generalize the hypergraph structure encountered in the Wolfram Model. The question of whether they may be useful has yet to be seen in the future. However the main difference between the two approaches is that in the n-scale calculus, the n-scale, is usually the space or space-time and there is possibly (quantum) fields on them; however in the Wolfram Model an hypergraph is all that there is including the content of the universe.

Recently Dündar and Sözbir (2019) have developed the definition of exponential function on regular n-scales. It is an open problem how this definition can be generalized to arbitrary n-scales, not just the regular ones. Moreover, the definition of exponential function in (Dündar and Sözbir, 2019) is given in an algorithmic way. It is also an open problem to give a closed form of the exponential function in this setting. Since the exponential function has a central role in, for example, $U(1)$ gauge theory, it would be interesting to see an adaptation of Dündar and Arık (2018) where a massive scalar field has been studied to scalar electromagnetic theory defined on a regular n-scale.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank Stam Nicolis and Bayram Tekin for useful discussions.

REFERENCES

Bohner M, Peterson A. 2001. Dynamics Equations on Time-Scales: An Introduction with Applications, Springer Science & Business Media.
Carlip S. 2017. Dimension and dimensional reduction in quantum gravity. Classical and Quantum Gravity, vol. 34, p. 193001
Dündar FS. 2018. The theory of n-scales. AIP Conference Proceedings, vol. 1926, p. 020014.
Dündar FS, Arık M. 2018. On the non-existence of unbounded discrete space-time. Mathematical Advances in Pure and Applied Sciences, vol. 1, issue 2, pp. 52—55
Dündar FS, Sözbir B. 2019. The definition of exponential function on regular n-scales. To be published.
Gorard J. 2020a. Some Quantum Mechanical Properties of the Wolfram Model. Complex Systems, 29(2), pp. 537–598
Gorard J. 2020b. Some Relativistic and Gravitational Properties of the Wolfram Model. Complex Systems, 29(2), pp. 599–654
Gorard J. 2020c. Algorithmic Causal Sets and the Wolfram Model. arXiv:2011.12174
Hawking SW. 1975. Particle creation by black holes. Communications in Mathematical Physics, vol. 43, issue 3, pp. 199—220
Hilger S. 1990. Analysis on measure chains—a unified approach to continuous and discrete calculus. Results in Mathematics, vol. 18, pp. 18—56
Loll R. 1998. Discrete approaches to quantum gravity in four dimensions. Living Reviews in Relativity, vol. 1, p. 13
Rovelli C. 2008. Loop quantum gravity. Living Reviews in Relativity, vol. 11, p. 5
Wolfram S. 2020. A Class of Models with the Potential to Represent Fundamental Physics. Complex Systems, 29(2), pp. 107–536

SAE 1040 ÇELİĞİNİN RECKWALLS İŞLEMİ İLE SICAK DÖVÜLEBİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

Soner Öner
Teknorot Otomotiv Ürünleri San ve Tic. A.Ş
ssoneroner@gmail.com Orcid ID: 0000-0003-2084-2048

Ş. Hakan Atapek
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
hatapek@kocaeli.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, otomotiv süspansiyon sistemlerinde kullanılan rotbaşlarının konvansiyonel bir işlem olan şahmerdan ve daha iyi kalıp doldurma imkanı verebilen Reckwalls proses ile plastik deformasyon süreçleri üzerinde durulmuştur. Her iki yöntem sonrası üretimi gerçekleştirilen parçada yüzey ve kesit incelemeleri yapılmıştır. Konvansiyonel yöntemde, SAE 1040 çeliği şahmerdan ile yaklaşık 1250 °C sıcaklıkta çoklu sıcak dövülmüş olup, ön dövme sonucu parça üzerinde oluşan makro katlar ve son dövme sonucunda parça üzerindeki dövme doldurmama hataları incelenmiştir. Reckwalls işlemi ile konvansiyonel yöntemden gelen kat ve dövme doldurmama hatalarının indirgenmesi hedeflenmiştir. Öncelikle, Simufact yazılım programı kullanılarak kat ve dövme doldurmama hatalarının oluşabileceği kritik bölgeler tespit edilmiştir. VeraCad tasarım programı ile reckwalls prosesi için parçaya özel reckwalls kalıbı tasarlanmıştır. Yazılımdaki ezme oranlarına bakılarak iki adımda reckwalls prosesi tamamlanmıştır. Reckwalls yöntemi ile üretilen parçanın hem mikroyapısal karakteristiğinin hem de sertliğinin konvansiyonel ile üretilen parça özelliklerine eşdeğer olduğu tespit edilmiştir. Reckwalls prosesi ile konvansiyonel üretime kıyasla herhangi bir yüzey hatası içermeyen ürünlerin eldesi sağlanmış olup, üretim hattında nihai parça üretimine yönelik hammadde ağırlığında ve parça üretimi başına zamanda indirgenme sağlanabilmiştir.

Anahtar Kelimeler: SAE 1040 çeliği, dövme, Reckwalls proses.

EXAMINATION ON SAE 1040 STEEL HOT FORGED BY RECKWALLS PROCESS

Abstract

In this study, the plastic deformation process of tie rod end which is used in the automotive suspension systems and produced by the conventional method of drop forging and Reckwalls process offering a better filling performance was emphasized. The surface and cross-sectional examinations of parts manufactured by both plastic deformation process were done. SAE 1040 steel was conventionally multi forged at approximately 1250 °C, macro layers formed on the part due to preliminary forging and filling defects formed on the part at the final forging stage were examined. It was aimed to minimize the both layers and filling defects by applying Reckwalls process. Initially, the critical regions, where layers and defects may form, were determined using Simufact software. Then, a novel Reckwalls mold was designed by VeraCAD design program. Finally, according to the crash ratios which could be followed by software, Reckwalls process was completed in two steps. It was obtained that both microstructural characteristics and the hardness of the part manufactured by Reckwalls process were similar compared to one produced by conventional process. By Reckwalls process, the parts having no surface defects were manufactured and not only reduction in raw material weight for final part production but also time per part production were achieved in the production line.

Keywords: SAE 1040 steel, forging, Reckwalls process.

1. GİRİŞ

Kara taşıtlarında talep edilen sürüş konforu aracın süspansiyon sistemi ile sağlanabilmektedir. Modern araçların bir çoğunda kullanılan süspansiyon sisteminde, travers, amortisör, helezon yay, akson, rot mili, rot başı, viraj denge çubuğu, salıncak, burç, rotil ve direksiyon kutusu yer almaktadır. Süspansiyon

sisteminde yer alan bu parçaların çoğu dövme ile üretilebilmektedir (Konieczny & Burdzik, 2017). Bu parçalardan beklenen yüksek performanlara ulaşmada bir taraftan malzemenin istenen metalurjik yapıya kavuşturulması diğer taraftan da malzemenin üretim yönteminden gelen makro/mikro hataların giderilmesi gerekmektedir (Falah et al., 2007, Rutçi & Eren, 2018).

Geçmişten günümüze dövme işlemi soğuk, ılık (yarı sıcak) ve sıcak olarak gerçekleştirebilmektedir. Konvansiyonel olarak dövme işlemini gerçekleştirecek birçok üretim hattı ortaya konulmuş olup, günümüzde şahmerdan ile şekillendirme yapılabildiği gibi otomasyona hazır bir süreçte işlemi gerçekleştirebilen hatlarda faaliyet gösterebilmektedir (Bharti, 2017). Bu açıdan bakıldığında, şekillendirme kuvvetleri altında malzemenin rekristalizasyon ve pekleşme davranışı (Solas et al., 2010; Camacho et al., 2006), metalurjik yapısı (Bhoyar & Umredkar, 2020) ve tane oryentasyonu (Kishchik et al., 2018) gibi birçok bileşen üzerinde durulmalıdır. Bahsi geçen tüm kavramlar malzemenin işlem sıcaklığına göre etken bir davranış olarak ortaya çıkabilmekte ve nihai ürünün eldesi yanında kullanım performansını da belirlemektedir (Siegert et al., 1997).

Yüzeyde çentik etkisi oluşturabilecek herhangi bir süreksizlik malzemenin kısa ömürde hasarlanmasına katkı vermektedir. Bundan dolayı, malzemenin mikroyapısal bileşenleri kadar üretimden gelen yüzey/yüzeyaltı çatlak oluşturucuların giderilmesi de gerekmektedir (Rutçi & Eren, 2018, Jia et al., 2020). Dövme kusurlarından (kat hatası, dövme doldurmama, kalem izi, kaçıklık hatası, çatlak hatası) arındırılmış bir iş parçasının servis koşullarında daha uzun ömürde çalışması kaçınılmazdır (Bharti, 2017; Bhoyar & Umredkar, 2020). Yüksek yüzey kalitesinde ve daha az maliyette malzeme kaybı olmaksızın üretim hatlarının fonksiyonel olarak kullanılması günümüz endüstrisinin temel gereksinimidir. Bu gereksinim doğrultusunda mühendislik ve teknolojik yaklaşımlar dövme başta olmak üzere birçok plastik şekil verme sürecinin iyileştirilmesine olanak vermiştir (Winklberger et al., 2018). Çalışmaya konu olan rotbaşı gibi uzun parçaların üretiminde geçmişten günümüze şahmerdan ile kademeli dövme işlemi kullanılmış olsa da, otomasyona uygun yüksek yüzey kalitesinde ve minimum dövme kusurlarında üretime olanak veren Reckwalls tezgahlarına geçilmesi bu tür bir iyleştirmeye örnek verilebilir. Reckwalls tezgahındaki hareketler için özel kalıp tasarımları VeraCad programı ile yapılabilmektedir ve Simufact program destekli dövme simülasyonları ile parçalarda deformasyona özgü öngörü çalışmaları yapılabilmektedir (Wang & He, 2004). Bu çalışmada, SAE 1040 çeliğinin şahmerdan ile dövülmesi ve Reckwalls proseslenmesi üzerinde durulmuş olup, her iki yöntemle çeliğin dövülebilirliği metalurjik analiz, yüzey incelemeleri, mekanik yeterliliği ve parça başına üretim için gerekli zaman-maliyet-malzeme kaybı kapsamında değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

Bir binek araca ait süspansiyon sistemi parçası olan rotbaşı üretiminde sırası ile hammaddenin giyotin makasla kesilmesi, indüksiyon bobininde 1200 °C sıcaklığa tavlama, şahmerdanda ön dövme, gerçek dövme, çapak kesme, soğuma, kumlama, kataforez kaplama ve montaj ile kullanıma hazır hale getirme gibi çok kademede proses sürecine ihtiyaç duyulur. Çalışma kapsamında, rotbaşı malzemesi olarak kullanılan SAE 1040 çeliğinin (Ø36 silindirik çubuk) iki farklı yöntemle dövülebilirliği incelenmiş olup, Tablo 1'de çeliğe ait kimyasal kompozisyon verilmiştir. Kimyasal kompozisyon Foundarymaster optik emisyon spektrometresi (OES) kullanılarak belirlenmiştir. Çoklu ölçümler sonrası ortalama kompozisyon datası kullanılmıştır.

Hammadde giyotin makasla kesildikten sonra indüksiyon bobininde 1200°C sıcaklığa yaklaşık iki dakikada tavlanmıştır. Tavlama işleminden sonra konveyörle parça şahmerdana taşınmış ve 1150 °C sıcaklıkta şahmerdan ile ön şekil verilmiştir. Bu işlem esnasında parça 90° çevrilerek basma kuvveti etkisinde tekrarlı şekil değiştirmeye maruz bırakılmaktadır. Daha sonra parça dövme presinde yaklaşık 1000 ton basma kuvvetiyle ana (gerçek) dövme formuna getirilmiştir (Şekil 1).

Tablo 1. SAE 1040 çeliğine ait kimyasal kompozisyon (ağ.-%).

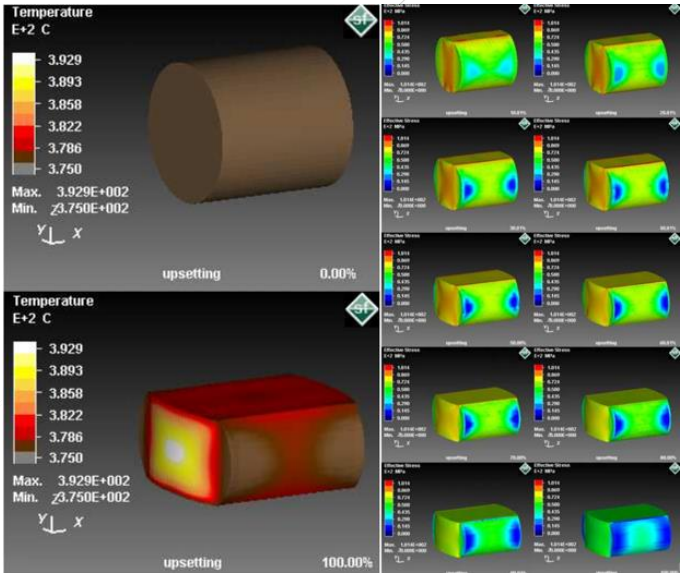
C	Mn	Si	Cr	Mo	P	S	Fe
0.40	0.60	0.16	0.03	0.01	0.01	0.02	balans



(a) (b)

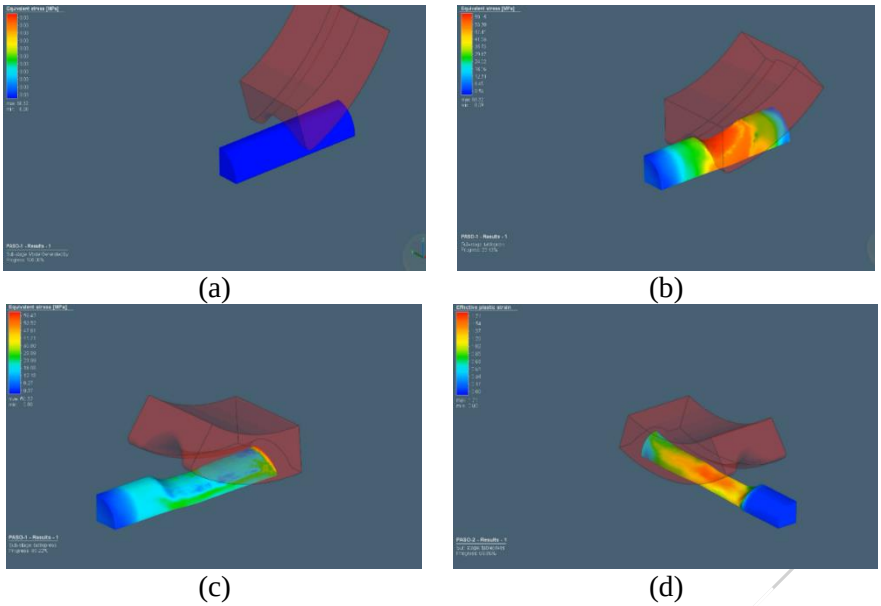
Şekil 1. Şahmerdan ile üretimi gerçekleştirelecek rotbaşının ara kademe formlarını gösteren makro görüntüler; (a) sıcak işlem görmüş formlar ve (b) oda sıcaklığına soğutulmuş formlar.

Simufact yazılımı ile sıcak deformasyon süreci işlem kademesine bağlı olarak modellenebilmektedir. Şekil 2'de örnek bir yazılım çıktısı verilmiştir. Şahmerdan işlemi (ön şekil verme) tamamen operatör tecrübesiyle hammaddeyi son dövme kalıbına göz kararı yerleştiricek şekilde sağlanmaktadır. Sistemin operatöre bağlı olması standartının düşük olmasına, dövme doldurmama ve mikro çatlak hatalarının neden olduğu hurda maliyetlerinin yüksek olmasına neden olmaktadır. Parçanın Simufact yazılımında simüle edilen basma gerilmesi ile maruz kaldığı homojen olmayan yapısı renk değişimindeki karşıtlıktan anlaşılmaktadır.

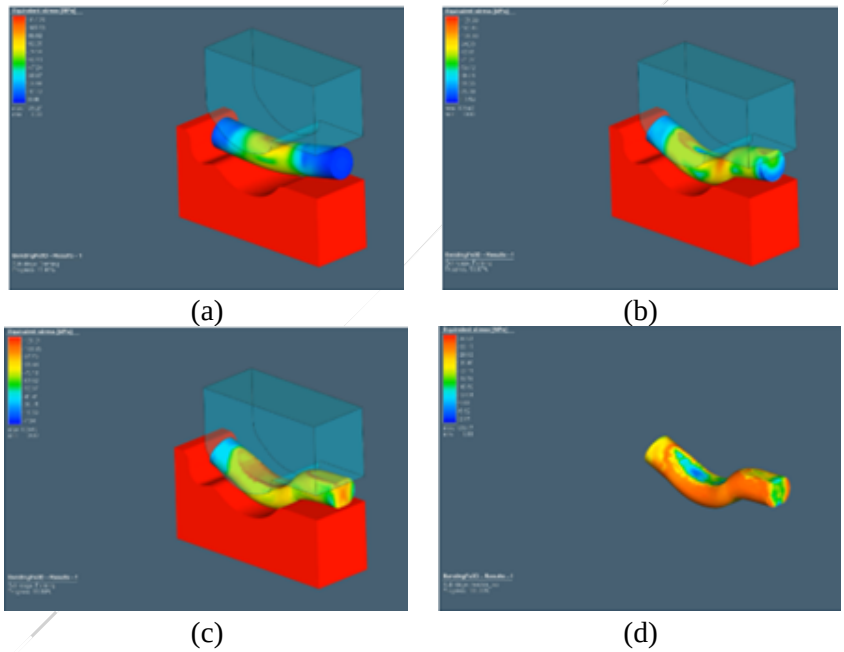


Şekil 2. Şahmerdan ile dövme sürecini yansıtan Simufact yazılım çıktısı.

Bu çalışmada, ikinci bir üretim yöntemi olarak Reckwalls işlemi seçilmiştir. Bu işlemde, öncelikle kalıp tasarımı ile süreç başlamaktadır. VeraCad programı ile kalıpların parçayı ezme oranları % 30-40 arasında bir oranla 90° çevrilerek paso çekilmesi esasına dayanır. Genellikle tek pasoda işlem yeterli olmamaktadır. İki ve daha fazla pasoda yeterli uzatma ve ezme oranları sağlanana kadar tasarım devam etmektedir (Şekil 3). Reckwalls tasarımı yapılırken fırından çıkan parçanın ön şekil verme ile başlayan simülasyon çalışmalarına bükme ve dövme simülasyonu olarak devam edilmektedir. Bükme prosesi için Reckwalls'den çıkan ara ürün simülasyona konularak bükme işlemi için devam ettirilmektedir (Şekil 4). Şahmerdan ile üretim konvansiyonel bir yöntem olduğu için simülasyon yerine tecrübe ile üretim yapılmaktadır. Bükme ve dövme operasyonlarının simülasyonu Simufact yazılımıyla yapılmaktadır.

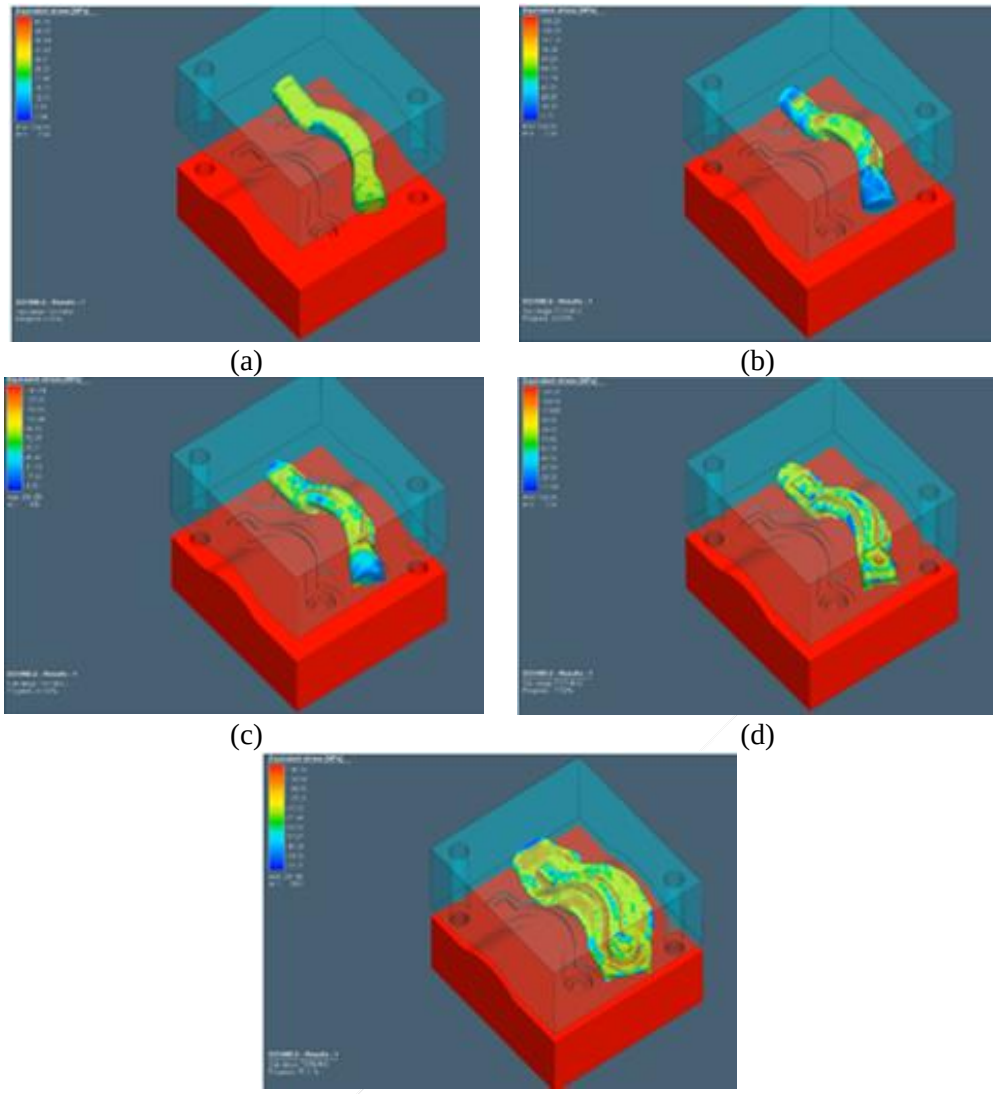


Şekil 3. Reckwalls prosesi için ezme oranlarının simülasyon kademeleri.



Şekil 4. Bükme prosesi için ezme oranlarının simülasyon kademeleri.

Dövme prosesinin simülasyonu yapılarak Reckwalls ve bükmeden gelen kritik bölgelerdeki yığılma konumu da incelenmektedir. Çapak oranlarının uygunluğu, form verilmiş ara ürünü son dövmede parçada doldurmama durumu bu simülasyonda ortaya çıkmakta ve olası hatalar ve hurdalar önlenebilmektedir (Şekil 5).



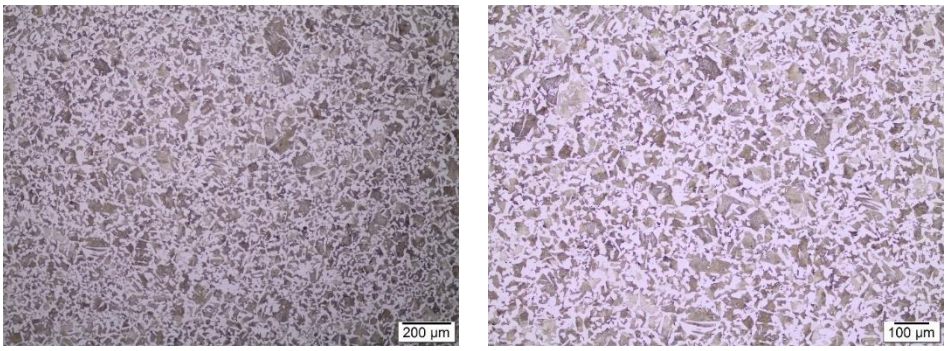
Şekil 5. Dövme prosesi için simülasyon kademeleri.

Hammaddenin ve iki farklı yöntemle üretilmiş parçanın metalurjik yapısını ve yüzey/yüzeyaltı kalitesini tespit edebilmek için malzemelerden temsili numuneler alınmıştır. Numuneler sırası ile 320, 600, 1000 mesh'lik SiC aşındırıcı içeren zımpara kağıtları kullanılarak zımparalanmıştır. Nihai parlatma 3 µm'luk elmas solüsyon ile yapılmış olup, dağlama işlemi %3'lük nital çözeltisi ile gerçekleştirilmiştir. Mikroskobik incelemelerde refleksiyon tipi bir ışık mikroskobu (IM, Olympus BX41M-LED) kullanılmıştır. Çalışma kapsamında aynı zamanda her iki yöntem kullanılarak nihai parçaya ulaşılıncaya kadar proses süresi ve malzeme kazanımı da takip edilmiş olup, ürün başına maliyet kazanımı açısından da yöntemler kıyaslanabilmiştir.

3. SONUÇ

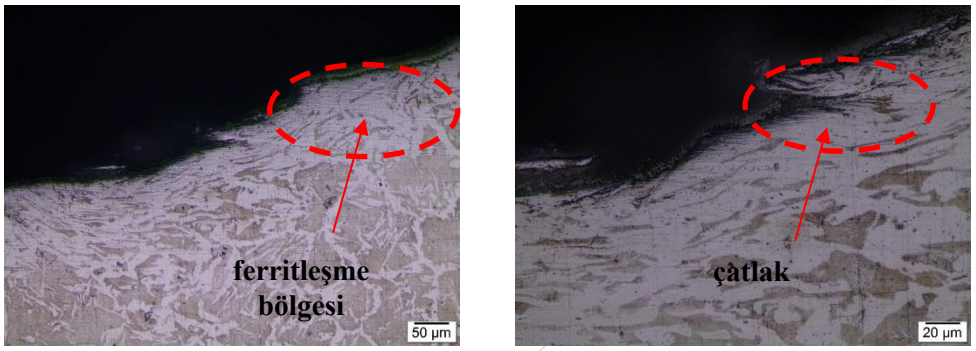
Şekil 6'da hammaddeye ait dağlanmış konumunda IM görüntüleri verilmiştir. Çelik tipik ferritik + perlitik bir matrikse sahiptir. Görsellerde aydınlık kontrastlı bölgeler ferritik alanları, koyu kontrastlı bölgeler ise perlitik alanları göstermektedir. Şahmerdan ile üretimde kademeli dövmeye gereksinim duyulur ve bu aşamada yüzeyde yığılma bölgeleri oluşabilir. Şekil 7'de yığılma bölgesinin kesitine ait IM görüntüleri verilmiş olup, kesitte belirli bir dekarbürizasyon derinliğine ek olarak yüzeyden içeri doğru yönlenmiş çatlaklar da tespit edilmiştir. Dekarbürizasyon bölgesinde mikroyapı tamamen ferritik yapıdadır. Kesite doğru ilerlemiş çatlakların varlığı iş parçasının yorulma mukavemetini azaltan ve kısa ömürde hasarlanmasına katkı verebilecek bir süreksizliktir. Şekil 8'de ise Reckwalls ile üretilmiş

parçanın en ve boy kesit IM görüntüleri verilmiş olup, parçada homojen ferritik+perlitik faz dağılımı gözlenmiştir.



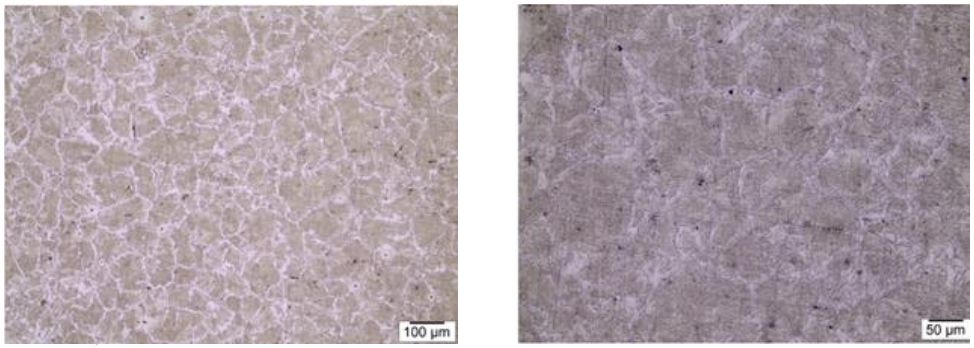
(a) (b)

Şekil 6. Tedarik edilen SAE 1040 çeliğinin mikroyapısını gösteren IM görüntüleri.



(a) (b)

Şekil 7. Şahmerdan ile üretimde parça yüzeyinde yığılma kesitine ait IM görüntüleri.



(a) (b)

Şekil 8. Reckwalls ile üretimde parça kesitlerine ait IM görüntüleri; (a) en kesit ve (b) boy kesit.

Çalışma kapsamında, gözlemlenen çatlaklar imalat sonrası yapılan işleme operasyonunda da ortaya çıkmakta ve hurdaya ayrılmaktadır. Ortaya çıkmayan çatlaklar ise parça kullanım ömürlerinde dayanımı düşürerek müşteri şikayeti olarak ortaya çıkmaktadır. Tüm bunların dışında, üretim hattında şahmerdan ve Reckwalls ile üretilen parça süreleri de takip edilmiş olup, rotbaşı üretiminde 11 saniyede şahmerdan ile üretilen parçanın Reckwalls ile 4 saniyede üretildiği saptanmıştır. 2020 yılında 5000 adet üretilen tek çeşit rotbaşının 150 adet hurda verdiği saptanmıştır. Reckwalls ile yapılan üretimde ise bu sayı ilk ayar hurdaları dahil 23 gibi nispeten daha düşük değere azaltılmış ve 127 adetlik sağlam parça kazanımı olmuştur. Hammadde açısından bakıldığında, şahmerdanda parçanın istenen formu yakalaması için brüt 1320 gramdan dövülmesi söz konusudur. Ancak Reckwalls ile dövmede istenilen ezme ve uzatma oranlarına ve standartına daha kolay bir şekilde brüt 1200 gramdan dövme ile ulaşılmış olup, çapağa giden hurda malzemesi önemli ölçüde azaltılabilmiştir. Tablo 2'de seçilen yönteme göre kazanımlar nümerik değerler eşliğinde listelenmiştir. Hammaddeden kazanılan 600 kg çeliğin mali değeri 2844 TL,

hurda farkından kazanılan ürün değeri 2667 TL, 583 dakikalık süreden kazanımın mali değeri ise 1093 TL'dir. Tek referansın üretimini şahmerdan metodundan Reckwalls metoduna geçilmesinden toplamda 6604 TL yıllık kazanım sağlanmıştır.

Tablo 2. Reckwalls prosesi ile üretimde kazanımlar.

Koşul	Şahmerdan ile üretim	Reckwalls ile üretim	Kazanım
1 adet rotbaşı üretimi için gerekli hammadde (gram)	1320	1200	120
Yıllık ortalama üretim (5000 adet) için gerekli hammadde (kg)	6600	6000	600
Yıllık tek referans üretim adedine göre hurda kazanımı (adet)	150	23	127

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada, otomotiv ön süspansiyon sisteminde kullanılan rotbaşı parçasının iki farklı şekillendirme yöntemi ile sıcak dövülebilirliği incelenmiştir. Geleneksel yöntemle (şahmerdan) üretilen parçalar incelenmiş ve yeni bir metot olan Reckwalls ile de üretilebilirliği izlenmiştir. Yapılan çalışmalarda;

(i) Şahmerdan ile üretimde, parça yüzeyine tekrarlı basma kuvveti ile sıcak malzeme yığılması gözlemlenmiş, mikro çatlakların oluştuğu ve homojen olmayan bir parça yüzeyi oluştuğu gözlemlenmiştir.

(ii) Reckwalls ile üretilen parça kesitleri metalurjik olarak homojenlik içermektedir. Bu yöntemle üretilen parçalar konvansiyonel ile üretilene göre benzer kalite aralığında yer almaktadır.

(iii) Reckwalls ile üretimde parçanın istenildiği gibi uzatılabildiği ve bu kısmın operatör tecrübesinden alınarak daha standartlaşmış bir üretime geçildiği tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında, her iki işleme karşılık gelen hammadde kazanımı, üretim paso sayılarından doğan üretim zaman (saniye) kazanımı ve üretimde rastlanan hurda kazanımları ortaya konulmuş olup, Reckwalls ile üretim konvansiyonel yöntem ile üretime kıyasla daha baskın ve profesyonel bir sıcak dövme prosesi sunmuştur.

TEŞEKKÜR

Çalışmaya olan katkılarından dolayı Teknorot Otomotiv Ürünleri San ve Tic. A.Ş'ye teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

BHARTI S., (2017), Advancement in forging process: a review, *International Journal of Science and Research*, 6(12), 465-468.

BHOYAR V. & UMREDKAR S., (2020), Manufacturing processes part II: a brief review on forging, *International Journal of Innovations in Engineering and Science*, 5(1), 26-32.

CAMACHO A. M., et al., (2006), Influence of strain hardening on forces and contact pressure distributions in forging processes, *Journal of Achievements of Materials and Manufacturing Engineering*, 15(1-2), 166-173.

FALAH A., et al., (2007), Failure investigation of a tie rod end of an automobile steering system, *Engineering Failure Analysis*, 14, 895-902.

JIA, D., et al., (2020), Design research on forging mark of connecting rod, *Engineering Failure Analysis*, 113, 104537.

KISHCHIK M. S., et al., (2018), Effect of multidirectional forging on the grain structure and mechanical properties of the Al–Mg–Mn Alloy, *Materials*, 11, 2166.

KONIECZNY L. & BURDZIK R., (2017), Modern suspension systems for automotive vehicles and their test methods, *Vibroengineering PROCEDIA*, 14, 233-237.

RUTCİ A. & EREN F. S., (2018) Investigation of suspension ball joint pull out force based on FEA method and experimental study, *International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science*, Alanya-Turkey.

SIEGERT K., et al., (1997). Recent develotments on high precision forging of aluminum and steel, *Journal of Materials Processing Technology*, 1(1), 91-99.

SOLAS D., et al., (2010), Dynamic recrystallization modelling during hot forging of a nickel based superalloy, *Materials Science Forum*, 638, 2321-2326

WANG Q & HE F., (2004), A review of developments in the forging of connecting rods in China, *Journal of Materials Processing Technology*, 151, 1–3, 192-195.
WINKLBERGER M., et al., (2018). Fatigue strength and weight optimization of threaded connections in tie-rods for aircraft structures, *Procedia Engineering*, 213, 374-382.

DÖKÜM CORSON ALAŞIMLARININ MİKROYAPISAL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN KARAKTERİZASYONU

Volkan Terzioğlu
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
volkan.terzioglu94@gmail.com Orcid ID: 0000-0002-0023-5825

Naciye Gürsoy
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
gursoynaciye@gmail.com

Ş. Hakan Atapek
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
hatapek@kocaeli.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, toksik olmayan yüksek Ni:Si oranına sahip Corson (CuNiSi) alaşımının katılaşma yapısına ve mekanik özelliklerine Al ve Mg alaşım elementlerinin etkileri incelenmiştir. Çalışma kapsamında, Cu-6.68Ni-1.67Si, Cu-6.22Ni-1.30Si-0.13Al ve Cu-6.29Ni-1.31Si-0.14Mg (ağ.-%) kompozisyonlu billet malzemelerin döküm ile üretimi gerçekleştirilmiş olup, alaşımların katılaşma davranışı diferansiyel termal analizler ile belirlenmiştir. Döküm alaşımlarının mikroyapı bileşenleri ışık ve taramalı elektron mikroskobik incelemeler ile karakterize edilmiştir. Dendritik olarak katılaşan matrikslerde ikincil dendrit kolları aramesafesi, tane boyutu ve ikincil faz (çökelti) miktarı gibi mikroyapısal bileşenlerin kantitatif metalografi ile belirlenmiştir. Yapılan sertlik ölçümleri ile Al ve Mg katkısı ile modifiye edilen alaşımların mekanik özelliklerindeki değişim de tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalar, (i) Al ve Mg katkısı ile Cu-Ni-Si alaşımının katılaşma aralığının arttığını, (ii) matriksinde bulunan β-Ni_3Si ve δ-Ni_2Si metal silisitlerinin oluşum sıcaklıklarının değiştiğini, (iii) alaşımlama ile Cu-Ni-Si alaşımında hem ikincil dendrit kolları aramesafesinin hem de tane boyutunun azaltıldığını, (iv) Al ve Mg katkısı ile döküm alaşımda katı ergiyik sertleşmesi ve artan ikincil faz miktarı nedeni ile sertliğin arttığını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Corson alaşımları, katılaşma, mikroyapı, sertlik.

CHARACTERIZATION OF MICROSTRUCTURAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CAST CORSON ALLOYS

Abstract

In this study, the effect of Al and Mg addition on the solidification structure and mechanical properties of non-toxic Corson (CuNiSi) alloy having high Ni:Si ratio. The billet materials having compositions of Cu-6.68Ni-1.67Si, Cu-6.22Ni-1.30Si-0.13Al and Cu-6.29Ni-1.31Si-0.14Mg (wt.%) were produced by casting and the solidification behaviors of alloys were determined by differential thermal analyses. The microstructural features of cast alloys were characterized by light and scanning electron microscopic examinations. In dendritic solidified matrices, the microstructural features like secondary dendrite arm spacing, grain size and the amount of secondary phase (precipitate) were determined by quantitative metallography. With the hardness measurements, the change in the mechanical properties of the alloys modified by Al and Mg addition was also determined. The results showed that (i) the solidification range of CuNiSi alloy increased due to Al and Mg addition, (ii) the precipitation temperatures of metal silicides like β-Ni_3Si and δ-Ni_2Si were shifted, (iii) both secondary dendrite arm spacing and grain size were decreased by the alloying, (iv) the hardness of cast alloy increased due to solid solution strengthening and increasing amount of secondary phase as a result of Al and Mg addition.

Keywords: Corson alloys, solidification, microstructure, hardness

1. GİRİŞ

Bakır ve alaşımları, otomotiv, otomasyon, elektrik ve elektronik endüstrileri başta olmak üzere birçok endüstride tercih edilebilen malzemeler olup, sahip oldukları yeteri mukavemet, aşınma ve korozyon dirençleri, yüksek elektriksel iletkenlikleri kullanım alanlarını arttırabilmektedir (Lei et al., 2013a). Bu kullanım alanlarında, yüksek saflıkta bakır kadar pirinç ve bronz esaslı malzemelerin de önemli bir yeri vardır. Ancak günümüzde sert bakır alaşımları da olarak bilinen çökelti sertleştirilebilen alaşımlara olan ihtiyaç daha yüksek seviyedir (Xie et al., 2009). Çökelti sertleştirilebilen bakır alaşımları arasında en çok Cu-Be (Woodcraft & Sudiwala, 2001), Cu-Co-Ni-Be (Atapek, 2015; Kızılaslan & Altınsoy, 2017), Cu-Cr-Zr (Junfeng et al., 2019) ve Cu-Ni-Si (Monzen & Watanabe, 2008) alaşımları gibi birçok sistem üzerinde çalışmalar yapılmış olup, alaşımlama (Lei et al., 2017), (Lei et al., 2019), (Xiue et al., 2009), (Zhao et al., 2003a) ve ısıl işlem süreçlerinin birer fonksiyonu olarak sertlik ve iletkenlik optimizasyonu sağlanabilmektedir (Xiao et al., 2019), (Monzen & Watanabe, 2008), (Krupniska et al., 2020), (Zhao et al., 2003b).

Çökelti sertleştirilebilen bakır alaşımları arasında her ne kadar yüksek mukavemet (1200 MPa) ve yeteri iletkenlik (% 25 IACS) seviyesinde Cu-Be alaşımları gelse de, berilyumun toksik olması ve yüksek sıcaklıkta düşük gerilme gevşemesi sergilemesi bu alaşımların yerine yeni alaşımların geliştirilmesini de zorunlu kılmıştır (Lei et al., 2013a). Yerine malzeme gruplarında çoğunlukla Cu-Ni-Zn, Cu-Ni-Sn, Cu-Ni-Al, Cu-Ti sistemleri üzerinde çalışılmış ve bu alaşım gruplarında 1000 MPa ve üzeri mukavemet değerlerine ve yüksek gerilme gevşemesi seviyelerine ulaşılsa da, % 15 IACS gibi daha düşük bir iletkenlik seviyesi elde edilmiştir (Lei et al., 2013b). Bunların yanısıra özellikle farklı Ni:Si oranlarına sahip alaşımlar ile bir taraftan yüksek mukavemet (800 MPa ve üzeri) diğer taraftan da yüksek iletkenlik seviyelerine (~ % 45 IACS) ulaşılabilmiştir (Xiao et al., 2019). Bu çalışmada, yüksek Ni:Si oranına sahip bir alaşıma yaklaşık ağırlıkça % 0.15 seviyesinde Al ve Mg ilavesi ile Cu-Ni-Si alaşımının katılaşma yapısında, mekanik ve fiziksel özelliklerindeki değişim incelenmiştir. Böylece döküm ile üretilmiş alaşımların Cu-Be alaşımlarına göre potansiyel bir malzeme olarak değerlendirilmesi hedeflenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

Alaşımların ergitilmesi, laboratuvar ölçekli (10 kg) bir orta frekans indüksiyon ergitme ocağında gerçekleştirilmiştir. Billet malzeme olarak çelik kokil kalıba dökülen alaşımlar oda sıcaklığında soğutulmuştur. Üretim sürecinde Sağlam Metal A.Ş altyapısı kullanılmıştır. Tablo 1'de dökümü gerçekleştirilen alaşımlara ait kompozisyon değerleri verilmiştir. Kimyasal kompozisyonlar Foundarymaster optik emisyon spektrometresi (OES) kullanılarak belirlenmiştir.

Tablo 1. Alaşımların kimyasal kompozisyonu (ağ.-%)

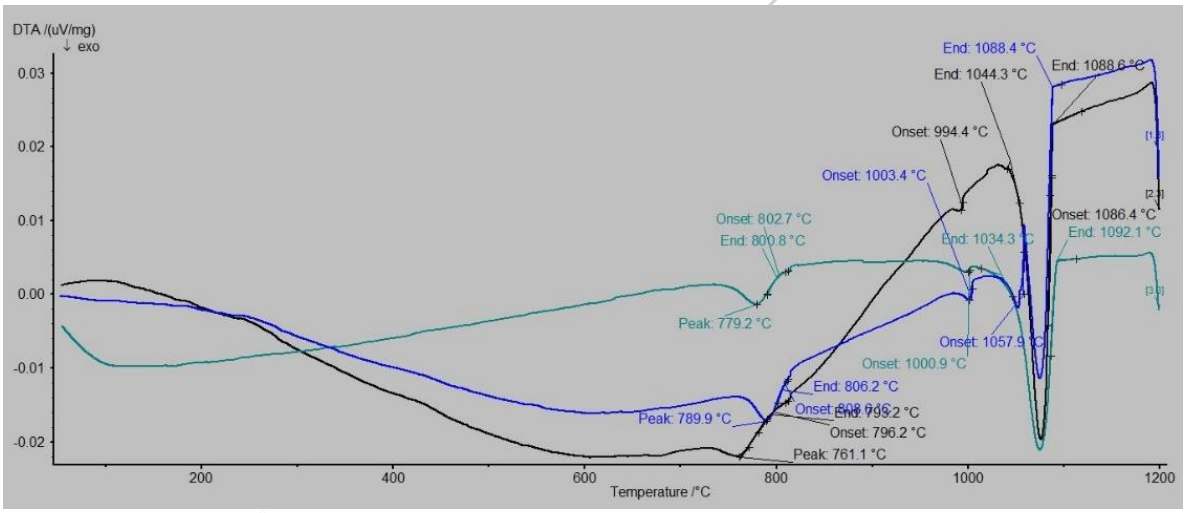
Alaşım	Ni	Si	Mg	Al	Cu
CNS	6.68	1.67	-	-	balans
CNS-Al	6.22	1.31	-	0.13	balans
CNS-Mg	6.29	1.31	0.14	-	balans

Döküm alaşımlarında faz dönüşümlerinin belirlenebilmesi için öncelikle diferansiyel termal analiz (DTA) düzeneği (Netzsch, STA 400PG Luxx) kullanılmıştır. DTA çalışmalarında, ortamda koruyucu gaz olarak Ar gazı kullanılmış olup, oda sıcaklığından (~25°C) tam ergimesinin sağlanabildiği 1200 °C sıcaklığa kadar 5K/dak. hızında bir ısıtma sağlanmıştır. Ulaşılan ergime sıcaklığında 5 dakika tutma işlemini takiben 5K/dak. hız ile oda sıcaklığına soğutma sağlanmıştır. Billet malzemelerden hassas kesme (Microtest MultiCut Sense) ile temsili numuneler alınmış ve yüzeyler metalografik olarak hazırlanmıştır. Metalografik işlemlerde önce zımparalama ve parlatma işlemleri bir metalografi düzeneği (Microtest Multipol Advanced) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Zımparalama aşamasında 120, 320, 500, 600, 1000, 2500 ve 4000 mesh'lik SiC aşındırıcı içeren zımpara kağıtları kullanılmış ve nihai parlatma 3 µm ve 1 µm'luk elmas solüsyonlar ile yapılmıştır. Parlatma sonrası hazırlanan bir çözelti [25 ml HCl + 70 ml H_2O + 5 g $Fe(NO_3)_3$] ile yüzeyler dağlanmıştır. Mikroskobik incelemelerde hem ışık mikroskobu (IM, Olympus BX41M-LED) hem de taramalı elektron mikroskobu (SEM, Joel JSM 6060) kullanılmıştır. Mikroyapısal karakterizasyon çalışmalarında fazların kimyasal içeriği IXRF

model enerji dağılımlı x-ışın spektrometresi (EDS) ile belirlenmiş olup, fazların miktarı ve dağılımının yanısıra tane boyutu ve ikincil dendrit kolları ara mesafesindeki değişim de izlenmiştir. Alaşımların mekanik özelliklerinin belirlenmesinde makroVickers sertlik ölçeri kullanılmış olup, sertlik ölçümleri çoklu kez 1 kgf yük altında gerçekleştirilmiştir. Elektriksel iletkenlik ölçümleri ise Eddy akım tekniği ile çalışan bir ölçer (GE Inspection Tech markalı Autosigma 300) kullanılarak yapılmıştır. Bu ölçümler parlatılmış yüzeylerde ve 60 kHz frekansta gerçekleştirilmiştir.

3. SONUÇ

Şekil 1'de termal analiz çalışmaları sonrası elde edilen DTA termogramları verilmiştir. Kontrol malzemesi olan CNS alaşımında soğuma koşulları altında sıvıdan bir taraftan α-Cu(Ni,Si) fazı diğer taraftan da β-Ni_3Si fazı kristallenmektedir. Bu alaşım için sıvılaşma sıcaklığı (T_L) 1088.4 °C ve katılaşma sıcaklığı (T_S) 1057.9 °C ve katılaşma aralığı (T_L-T_S) 30.5 olarak belirlenmiştir. Soğumada sıcaklığın 808,6 °C değerine ulaşması halinde ise α-Cu fazından bir çökelme reaksiyonu gerçekleşerek, δ-Ni_2Si çökeltilerinin oluşumu tespit edilmiştir. CNS-Al ve CNS-Mg alaşımları için de benzer faz dönüşümleri tespit edilmişken, sadece alaşım elementi katkısı ile katılaşma aralığı (T_L-T_S) ve δ-Ni_2Si çökelme sıcaklığında değişimler gözlenmiştir. Al ile alaşımlama halinde sıvılaşma ve katılaşma sıcaklıkları sırası ile 1088.6 °C ve 1044.3 °C olarak belirlenmiş olup, bu alaşım için katılaşma aralığı 57.8 değerinde ve CNS alaşımına göre daha yüksek olarak ölçülmüştür. Mg katkısı ile de hem sıvılaşma hem de katılaşma sıcaklıklarında bir değişim tespit edilmiş olup, CNS alaşımına Mg ilavesi ile T_L sıcaklığı 1092.1 °C sıcaklığına ve T_S sıcaklığı ise 1044.3 °C sıcaklığa değişmiştir. Bu alaşım için de katılaşma aralığı CNS alaşımına göre nispeten artmış olup T_L-T_S farkı 44.3 olarak belirlenmiştir.

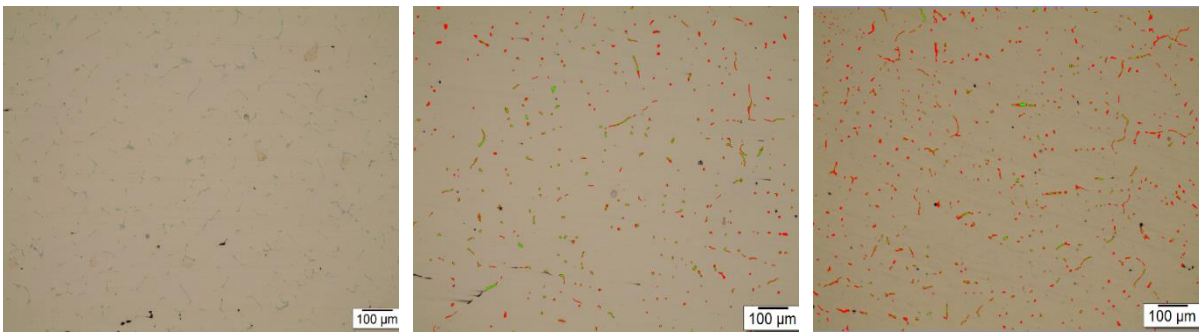


Şekil 1. Alaşımlara ait DTA termogramları.

Şekil 2'de döküm alaşımlarının parlatılmış konumuna ait IM görüntüleri verilmiştir. Parlatılmış konumda katılaşma yapısında birincil kristalizasyon sürecinde oluşan Ni_3Si fazlarını işaret eden ikincil fazların dağılımı gözlenebilmiştir. İkincil fazlar matrikse göre daha koyu kontrastlarda ve ağsı bir yapıda tespit edilmiştir. Alaşımların bu konumunda yapılan ikincil faz miktarlarının belirlenmesine yönelik bir çalışma Al ve Mg katkısı ile β-Ni_3Si çökeltilerinin miktarsal olarak arttığını ortaya koymuştur. Kontrol malzemesi olan CNS alaşımında bahsi geçen ikincil faz miktarı matriksin % 27.51'lik kısmını oluştururken, Al ve Mg katkısı ile bu değer sırası ile % 29.09 ve % 37.30 olarak belirlenmiştir. Bakır kafesine katı ergiyik oluşturucu olarak yerleşen Al ve Mg gibi yeralan atomları Ni ve Si atomların arayüzeylere (interdendritik bölgelere) ötelenmesine ve nikel silisitlerin oluşumuna katkı vermektedir (Lei et al, 2003b).

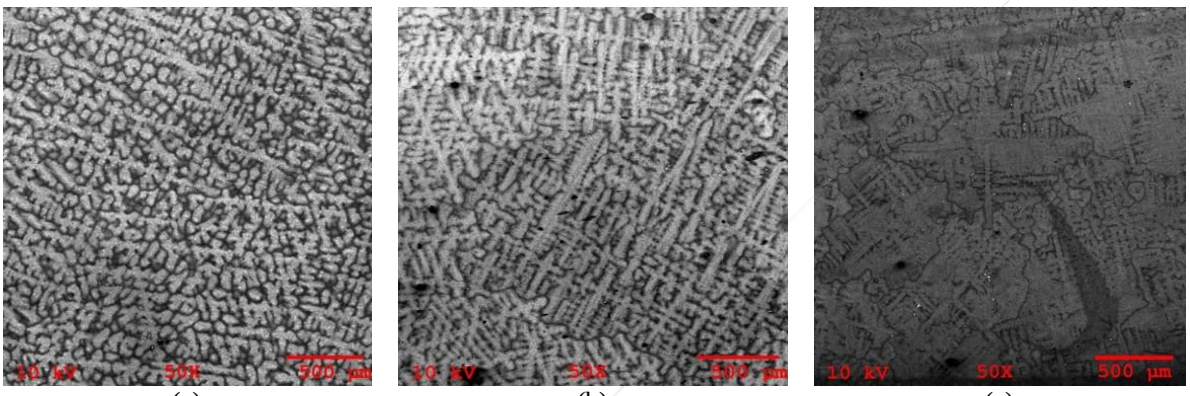
Alaşımların dağlanmış konumlarına ait SEM görüntüleri Şekil 3'de verilmiş olup, alaşımlar tipik katılaşma yapısını gösteren dendritik bir matriks içermektedir. Şekil 4'de verilen SEM görüntüleri α-Cu matriksinde yer alan çökeltileri (β-Ni_3Si ve δ-Ni_2Si) tanımlamaktadır. İnterdendritik bölgelerde yer alan ağsı görünümlü faz daha önceden de belirtildiği üzere sıvıdan kristallenen bir nikel silisit (β-Ni_3Si) olup, EDS çalışmaları fazın kimyasal içeriğinin ağ.-% 24,2 Ni ve 75,8 Si içerdiğini göstermiştir. Diğer yandan

katı fazdan çökelme ile oluşan ve özellikle ısıl işlem çalışmalarında önce çözünüp sonra su verme yapısından (aşırı doymuş α-Cu) yaşlandırmada yeniden oluşacak olan δ-Ni_2Si çökeltileri de gözlenebilmiştir.



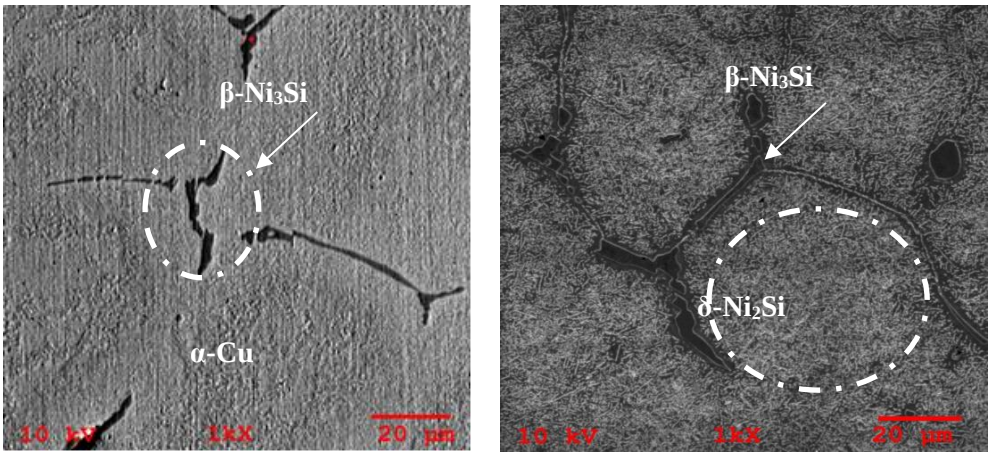
(a) (b) (c)

Şekil 2. Alaşımların parlatılmış konumlarına ait IM görüntüleri; (a) CNS, (b) CNS-Al ve (c) CNS-Mg.



(a) (b) (c)

Şekil 3. Alaşımların dağlanmış konumlarına ait SEM görüntüleri; (a) CNS, (b) CNS-Al ve (c) CNS-Mg.

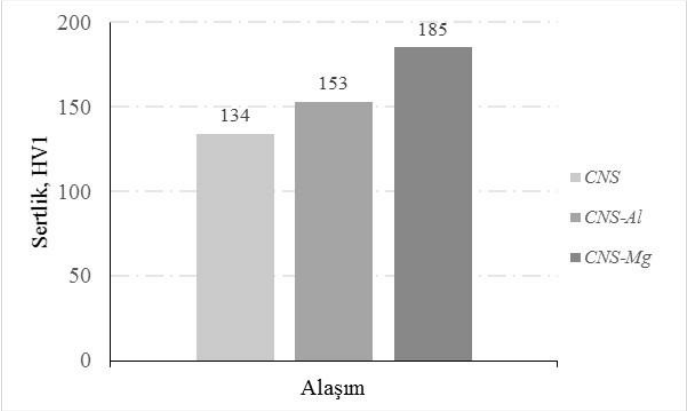


(a) (b)

Şekil 4. CNS-Mg alaşımında α-Cu matriksinde yer alan çökeltileri gösteren SEM görüntüleri.

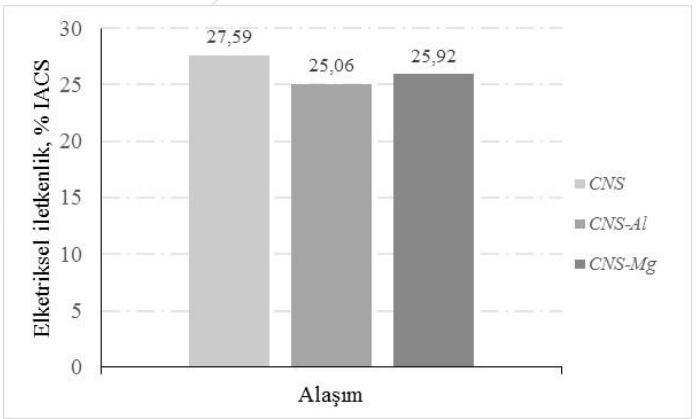
Döküm alaşımlarında ikincil dendrit kolları aramesafesi (SDAS) ve tane boyutu ölçümleri de yapılmıştır. CNS alaşımı için SDAS değeri 65.4±4.2 olarak ölçülmüş iken, bu değer Al ve Mg katkısı ile sırası ile 34.4±3.92 ve 45.9±3.67 değerine indirgenmiştir. İnterdenritik bölgelerde ikincil fazın miktarının alaşım elementi katkısı ile arttırılması daha ince dendritik kolların oluşumuna olanak vermiştir. Alaşımların tane boyutu ASTM E 112 standardına uygun olarak yapılmış ve alaşımlama ile SDAS değerlerindeki değişim trendine benzer bir sonuç elde edilmiştir. CNS alaşımında ortalama tane boyutu 398.12±3.2 seviyesindedir. Al katkısı ile bu değer 330.71 ± 2.1 değerine ve Mg katkısı ile de 379.40 ± 1.4 değerine indergenmiştir.

Alaşım elementi katkısı ile mikroyapısal bileşenlerde meydana gelen değişimler malzemelerin mekanik ve fiziksel özelliklerinde de bir değişime neden olmuştur. Şekil 5'den de görüleceği üzere, Al (153±0.6 HV1) ve Mg (185±0.3 HV1) katkısı ile ulaşılan sertlik değerleri CNS alaşımına (134±0.8 HV1) kıyasla daha yüksektir. Bilindiği üzere, alaşımların sertleştirilmesinde katı ergiyik sertleşmesi ve ince tane boyutu sertleşmesi mekanizmaları çoğunlukla tercih edilir. Bakır kafesinde Al ve Mg atomlarının yeralan atomu olarak oturması ve bir taraftan kafesi deforme edip gerinmeleri oluşturması diğer taraftan da yabancı atomların dislokasyonları engelleyerek dislokasyon yoğunluğunu arttırması alaşımda doğrudan bir mukavemet artışına neden olabilecektir (Lei et al., 2003b). Öte yandan tane boyutunda meydana gelen indirgenme ile matriks içerisinde dislokasyon hareketlerini sınırlayan tane sınırı sayısı da arttırılmış ve böylece dislokasyon yoğunluğunda elde edilecek bir artış ile de mukavemet artabilecektir.



Şekil 5. Döküm alaşımlarına ait sertlik değerleri.

Şekil 6'da alaşımlara ait elektriksel iletken değerleri verilmiştir. Kompozisyonunda Ni ve Si gibi empürite atomlarını içeren CNS alaşımı için elektriksel iletkenlik değeri % 27.59±0.02 IACS olarak belirlenmiştir. Bilindiği üzere iletkenlik empürite miktarındaki artış ile azalabilmektedir. Al ve Mg katkısı ile döküm alaşımlarının elektriksel iletkenlik seviyelerinde düşük bir azalma tespit edilmiştir. Al katkısı ile iletkenlik % 25.06±0.08 IACS seviyesine ve Mg katkısı ile de % 25.92±0.03 IACS seviyesine gerilemiştir.



Şekil 6. Döküm alaşımlarına ait elektriksel iletkenlik değerleri.

4. TARTIŞMA

Yapılan bu çalışma ile yüksek Ni:Si oranına sahip bir Cu-Ni-Si alaşımında Al ve Mg katkısı ile yüksek mekanik ve fiziksel özellikte döküm alaşımlarının üretilebilirliği araştırılmış olup, aşağıda çalışma kapsamında elde edilen kazanımlar listelenmiştir.

(i) Al ve Mg katkısı ile Cu-Ni-Si alaşımının tane boyutunda sırası ile % 16 ve % 4.7 seviyesinde bir tane boyutu indirgenmesi sağlanmış olup, malzeme sertliğinde önemli bir artış sağlanabilmiştir. Katkı alaşım elementleri eşliğinde Cu-Ni-Si alaşımının sertliği Al katkısı ile yaklaşık % 14 seviyesinde ve Mg katkısı ile de % 35.08 seviyesinde arttırılabilmiştir.

(ii) Alaşım modifikasyonu sonrası elektriksel iletkenlikte Cu-Ni-Si alaşımına kıyasla bir miktar kayıp tespit edilmiş olup, Al katkısı ile bu kayıp % 7.12 seviyesinde iken Mg katkısı ile bu kayıp % 6.05 seviyesindedir.

Çalışmanın devamında, döküm alaşımlarında sıcak dövme ile ikincil fazların matriks içerisinde homojen dağılımı ve sonrasında yapılacak olan ısıl işlemler ile matriksin sertlik ve elektriksel iletkenlik değerlerinin daha da geliştirilmesi planlanmaktadır. Böylece toksik olmayan ve Cu-Be alaşımlarının kullanımlarını azaltan yeni bir malzemeye özgü mikroyapısal, mekanik ve fiziksel özellikler ortaya koyulabilecektir.

TEŞEKKÜR

Çalışmaya olan katkılarından dolayı Sağlam Metal A.Ş ve Onat Alünimyum San. Tic. A.Ş'ye teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

ATAPEK, Ş. H., (2015), Effect of cobalt on the aging kinetics and the properties of a CuCoNiBe alloy, Materials Testing, 57(1), 17-21.

JUNFENG W. et al., (2019), Effect of heat treatment on low cycle fatigue properties of Cu-Cr-Zr alloy, *Material Characterization*, 158, 109940.

KIZILASLAN A. & ALTINSOY İ., (2017), The mechanism of two-step increase in hardness of precipitation hardened CuCoNiBe alloys and characterization of precipitates, *Journal of Alloys and Compounds*, 701, 116-121.

KRUPINSKA B. et al. (2020), Precipitation and Strengthening of Cu-Ni-Si Alloy, *Materials*,13,1182.

LEI Q. et al., (2013a), A new ultrahigh strength Cu-Ni-Si alloy , *Intermetallics*, 42, 77-84.

LEI Q. et al., (2013b), Effect of aluminum microstructure and property of Cu-Ni-Si alloys, *Material Science & Engineering*, A572, 65-74.

LEI Q. et al., (2017), Phase transformation and properties of a high strength Cu-Ni-Si alloy, *Material Science & Engineering*, A697, 37-47.

LEI Q. et al., (2019), Microstructural evolution, phase transition and physics properties of a high strength Cu-Ni-Si-Al alloy, *Material Science & Engineering*, A697, 37-47.

MOZEN R. & WATANABE C., (2008), Microstructure and mechanical properties of Cu-Ni-Si alloys, *Material Science and Engineering*, A483-484, 117-119.

WOODCRAFT A. & SUDIWALA R., (2001), The thermal conductivity of C17510 beryllium-copper alloy below 1K, *Cryogenics*, 41, 603-606.

XIAO T. et al., (2019), Effect of Magnesium on Microstructure Refinements and Properties Enhancements in High Strength CuNiSi Alloys, *Acta Metallurgica Sinica*.

XIE H. et al., (2009), Microstructure and solidification behavior of Cu-Ni-Si alloys, *Materials Characterization*, 60, 114-118.

ZHAO, D. et al., (2003a), Structure and strenght of the age hardened Cu-Ni-Si alloy, *Materials Chemistry and Physiscs*, 79, 81-86.

ZHAO, D. et al., (2003a), Aging Behaviour of Cu-Ni-Si alloy, *Materials Science and Engineering*, A361, 93-99.

PID VE KAYMA KİPLİ KONTROL YÖNTEMLERİ İLE GERÇEK ZAMANDA DC MOTOR HIZ KONTROLÜ

Fatih Köse
Kocaeli Üniversitesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü
fatihkose86@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0264-8073

Selçuk Kizir
Kocaeli Üniversitesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü
selcuk.kizir@kocaeli.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-0582-5904

Hüseyin Metin Ertunç
Kocaeli Üniversitesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü
hmertunc@kocaeli.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-1874-3104

Özet

Bu çalışmada, PID kontrol ve kayma kipli kontrol yöntemleri kullanılarak fırçalı bir doğru akım (DC) motorunun gerçek zamanda hız kontrolü yapılmıştır. Yapılan çalışmada sistem girişine farklı referans sinyalleri uygulanarak sistem çıkışının (hız) her iki kontrol yönteminde de referans değeri takip etmesi amaçlanmıştır. Öncelikle kontrol edilecek sistemin ve uygulanacak kontrolörlerin matematiksel modelleri elde edilmiştir. Kontrol algoritmaları Matlab-Simulink üzerinde geliştirilmiş ve ARM Cortex M4 tabanlı STM32F407 Discovery kitine gömülmüştür. Motor milinin dönüş hızı (sistem çıkışı) enkoder ile ölçülmüş ve RS232 haberleşme protokolü ile Matlab üzerinde gerçek zamanlı olarak çizdirilmiştir. Benzer şekilde referans giriş sinyali Matlab üzerinde gerçek zamanlı olarak oluşturulmuştur. Her iki kontrol yönteminde de elde edilen deneysel sonuçlar performans kriterleri bakımından karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kayma Kipli Kontrol, PID, STM32F407, DC Motor Kontrol

SPEED CONTROL OF DC MOTOR IN REAL-TIME WITH PID AND SLIDING MODE CONTROL METHODS

Abstract

In this study, speed control of a brushed direct current (DC) motor was achieved in real time by using PID control and sliding mode control methods. Different reference signals are applied to the system input and the system output (speed) is aimed to follow the reference value in both control methods. Firstly, mathematical models of the system to be controlled and the controllers to be applied were obtained. The control algorithms were developed on Matlab-Simulink and embedded in the ARM Cortex M4 based STM32F407 Discovery kit. The rotation speed of the motor shaft (system output) was measured with an encoder and plotted in real time on Matlab with RS232 communication protocol. Similarly, the reference input signal was generated in real time on Matlab. Experimental results obtained in both control methods were compared.

Keywords: Sliding Mode Control, PID, STM32F407, DC Motor Control

1. GİRİŞ

Doğru akım motorları endüstriyel alanda ve savunma sanayi uygulamalarında yaygın olarak kullanılan, elektrik enerjisini mekanik harekete dönüştürebilen makinelerdir. Elektrikli otomobiller, elektrikli vinç sistemleri, insansız hava araçları, çeşitli ev aletleri, robotik sistemler vb. gibi uygulamalar DC motor kullanım alanlarına örnek olarak gösterilebilir [1].

Sistem hatasını oransal-integral-türevsel (PID) işlemlerden geçirdikten sonra elde edilen kontrol sinyalini sisteme uygulamak esasına dayanan ve kısaca PID kontrol olarak bilinen yöntem, dinamik sistemlerin kontrolünde yaygın olarak kullanılmaktadır. Uygulamadaki basitliği bu yöntemin endüstriyel uygulamalarda genellikle tercih edilmesinin sebebi olmuştur. En uygun PID parametrelerinin belirlenmesi bu kontrol yönteminin tasarımında kritik bir konudur. Parametrelerin sistem performans kriterlerine göre önceden belirlenip kontrol çevrimi boyunca değişmediği tasarımlar olduğu gibi, yine bu şekilde olup kontrol çevrimi içinde çıkışın durumuna göre PID parametrelerin bulanık mantık, yapay sinir ağları vb. yöntemler yardımıyla kestirimi olabilmekte ve çıkışa göre sürekli ayarlanabilmektedir [2,3].

PID kontrolün basit ve kararlı çalışması, bu yöntemin avantajlarındandır; fakat doğrusal olmayan sistem kontrolünde başarısız olması dezavantaj olarak gösterilebilir.

Kayma kipli kontrol 1950'lerin sonlarında Sovyetler Birliğinde ortaya atılmış bir kontrol yöntemidir. İlk çalışmalar 1960'lı yıllarında yapılmış ve 1970'li yıllarda Utkin'in kitap ve makaleleri ile dünyaya duyurulmuştur. Robotik sistemler, motor sürücüler, AC/DC dönüştürücüler, nükleer güç reaktörleri, rüzgâr enerji sistemleri ve havacılık alanı gibi elektriksel ve elektromekanik sistemler gibi uygulama alanlarına sahiptir [4].

Kayma kipli kontrol sistem üzerindeki belirsizliklere ve bozucu etkilere karşı duyarsız olabilme özelliği ile bilinmektedir. Doğası gereği süreksizliğe sahip olan bu yöntemde sistem durumlarının kayma yüzeyine ulaşması beklenir. Sistem durumlarının kayma yüzeyinin dışına çıktığı durumda ise kontrolör ani bir çıkış sinyali üreterek durumları tekrar kayma yüzeyine taşımaya çalışır. Bu şekilde kısa sürede ani yön değişimlerinin fazla olduğu sınırlı bir frekansa sahip anahtarlama sinyali oluşmuş olur. Bu anahtarlama sinyaline 'çatırtı' denmekte ve sistem özelliğine göre problem oluşturabilmektedir [4,5].

Bu çalışmada fırçalı ve sabit mıknatıslı DC motorun hız kontrolü yapılmıştır. Öncelikle sistemin matematiksel modeli oluşturulmuştur. Fiziksel olarak gerçekleme kısmında ise kontrolör tasarımı için STM32F407 Discovery model geliştirme kiti kullanılmıştır. PID ve Kayma kipli kontrol algoritmaları Matlab-Simulink üzerinde tasarlanmış ve geliştirme kitine gömülmüştür. Sistem parametreleri ve değişkenler yine aynı arayüz üzerinden gözlemlenerek gerçek zamanda sistem kontrolü, her iki yöntem için gerçekleştirilmiştir. İki yöntem için alınan sonuçlar aşırı aşım, yükselme zamanı, oturma zamanı ve kalıcı durum hatası gibi sistem performans kriterleri üzerinden karşılaştırılarak sonuçlar sunulmuştur.

2. SİSTEMİN MATEMATİKSEL MODELİ

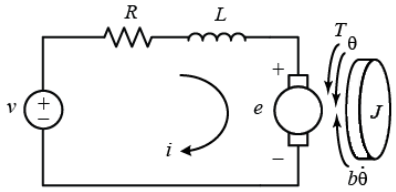
Şekil 1'de sistemin matematiksel modelinin çıkarılması için gerekli olan parametrelerin bulunduğu eşdeğer devreye ait görsel sunulmuştur.

Matematiksel model oluşturulurken Kirchhoff'un gerilim yasasından yararlanılmıştır. Burada V endüvi giriş gerilimini (Volt), R endüvi sargı direncini (Ohm), L endüvi bobin indüktansını (Henry), i endüvi akımını (Amper) ve e ise zıt emk gerilimini (Volt) temsil etmektedir.

$$V(t) = Ri(t) + L\frac{di(t)}{dt} + e(t) \quad (1)$$

Zıt emk ve tork denklemleri ise aşağıdaki şekilde yazılabilir. Burada T motor torku (Nm), J rotorun atalet momenti (kgm^2), b motor sönümleme sabiti (Nms), θ rotor pozisyonunu (rad), K_t motor tork sabiti (Nm/A), K_e zıt emk sabitini (Vs/rad) $\dot{\theta}$ ise motorun açısal hızını (rad/s) temsil etmektedir.

$$T(t) = J\frac{d^2\theta(t)}{dt^2} + b\frac{d\theta(t)}{dt} \quad (2)$$



Şekil 1. Sabit mıknatıslı DC motor eşdeğer devresi

$$T(t) = K_t i(t) \tag{3}$$

$$e(t) = K_e \dot{\theta}(t) \tag{4}$$

Yazılan denklemler sonucunda sistemin girişi V endüvi gerilimi ve çıkışı $\dot{\theta}$ motor hızı seçilirse, transfer fonksiyonu aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$\frac{\dot{\theta}(s)}{V(s)} = \frac{K_t}{(Js+b)(Ls+R)+K_t K_e} \quad \left[\frac{Rad/s}{Volt}\right] \tag{5}$$

Son denklemde motor tork sabiti (K_t) ve zıt emk sabiti (K_e) birbirine eşit kabul edilir ve K sabiti ile gösterilirse transfer fonksiyonu aşağıdaki gibi olur.

$$\frac{\dot{\theta}(s)}{V(s)} = \frac{K}{(Js+b)(Ls+R)+K^2} \tag{6}$$

Bu çalışmada Canon FN38S tipi DC motor kullanılmıştır. Motorun ait katalog bilgilerinden faydalanılarak oluşturulan Tablo 1'de matematiksel model parametreleri ifade edilmiştir. Katalog bilgilerinde b viskoz sönümleme katsayısı bulunmadığı için matematiksel modellemede bu değer 0 (sıfır) kabul edilmiştir.

Tablo 1. Matematiksel model parametreleri

Sembol	Değer	Birim
J	32e-7	kgm^2
L	0.0029	H
R	5	Ohm
b	0	Nms
$K_t,\ K_e$	0.0338	$Nm/A,\ Nms$

3. KONTROLÖR TASARIMI

Bu çalışmada PID ve kayma kipli kontrolör olmak üzere iki farklı kontrolör tasarlanmıştır. Kontrolör ve sistem tasarımları Matlab-Simulink programı üzerinde yapılmıştır. Bloklar yardımıyla oluşturulan kontrolör algoritmaları yine aynı program üzerinde derlenerek kontrol kartına gömülmüştür.

3.1. PID Kontrol

Kullanılacak PID denetleyicisinin matematiksel modeli denklem (7) ve (8)'de sunulmuştur.

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t)dt + K_d \frac{d}{dt} e(t) \tag{7}$$

$$e(t) = r(t) - y(t) \tag{8}$$

$$\text{TürevFiltresi} = \frac{N}{1+N\frac{1}{s}} = \frac{10s}{s+10} \tag{9}$$

Burada K_p, K_i ve K_d değerleri PID parametreleridir. Denklemden görüldüğü gibi referans ve çıkış değeri arasındaki fark PID kontrolör denkleminde bir dizi işlemden geçirilip $u(t)$ sinyali elde edilmektedir.

PID parametrelerinin tespiti için farklı yaklaşımlar ve yöntemler kullanılabilmektedir. Kapalı çevrim Ziegler-Nichols yöntemi, açık çevrim Ziegler-Nichols yöntemi, röle geri besleme yöntemi ve Cohen-

Coon yöntemi buna örnek gösterilebilir. PID parametrelerin her birinin sistem performansına etkisi farklıdır. Kontrol işleminde istenilen kontrol çıkışına göre parametreler belirlenmektedir. Bu çalışmada deneme-yanılma yöntemiyle sistem performansı izlenerek PID parametreleri belirlenmiştir.

Denklem (7)'de görülen integral ve türev işlemlerinin kontrol sistemi üzerinde istenmeyen etkileri olabilmektedir. Örneğin; kontrol sisteminde enkoderden alınan sinyalde gürültü meydana gelmesinin bir sonucu olarak türev işleminde ani büyük değişimler ve bu değişimlerin bir sonucu olarak kontrol sinyalinde büyük değerler görülebilir. Kontrol sinyalinde oluşabilecek anlık büyük değerler sistem performansını etkileyebileceği gibi sistemi kararsızlığa da götürebilir. Oluşabilecek bu olumsuz etkileri azaltabilmek için Denklem (9)'da verilen türev filtresi PID kontrolöre eklenmiştir. Eklenen filtre üzerinden türev alınarak sinyal yumuşatılır ve böylece sinyalin anlık büyük değerlere çıkması engellenmiş olur. Bu çalışmada yapılan uygulamalarda Denklem (9)'daki N parametresi $N = 10$ olarak seçilmiştir.

3.2. Kayma Kipli Kontrol

Tasarım hataları, ortam koşullarına bağlı olarak istenmeyen basınç ve sıcaklık değişimleri, elektriksel gürültüler ve titreşim kaynaklı bozucu etkilerin oluşturacağı kararsız durumlar gerçek sistemler üzerinde olumsuz etkiler oluşturabilmektedir. Kayma kipli kontrol bu gibi olumsuz etkilere karşı sistemin istenen dinamik davranışına devam edebilmesini sağlayan bir kontrol yöntemi olarak bilinmektedir. Doğrusal ve doğrusal olmayan sistemlerin kontrolünde uygulanabilmektedir [4,6].

Kayma kipli kontrol yönteminin temel amacı, kontrol edilecek sisteme ait durum değişkenlerini "kayma yüzeyi" olarak ifade edilen bir yüzey üzerinde tutarak sistem çıkışını bu yüzey yardımıyla istenilen değerlere taşımaktır. Kayma kipli kontrol algoritması "erişme" ve "kayma" evresi olarak iki aşamadan oluşmaktadır. Erişme evresi için tanımlı kurallar Denklem (10), (11) ve (12)'de verilmiştir.

Sabit değişimli erişim kuralı: $\dot{s} = -p.sign(s)$ (10)

Sabit-oransal değişimli erişim kuralı: $\dot{s} = -p.sign(s) - Ks$ (11)

Üstel değişimli erişim kuralı: $\dot{s} = -p.|s|^{a}sign(s)$ (12)

Bu çalışmada Denklem (10)'daki sabit değişimli erişim kuralı kullanılmıştır.

Kayma yüzeyine ait denklemler Denklem (13) ve (14)'teki gibidir. Burada s kayma yüzeyini, e hata sinyalini ve λ ise sabit bir pozitif çarpanı ifade etmektedir.

$$s = \dot{e} + \lambda e \quad (13)$$

$$\dot{s} = \ddot{e} + \lambda \dot{e} \quad (14)$$

Hata sinyaline ait Denklem (15)'de, $r(t)$ motorun referans hızı ve $y(t)$ motorun hızı olarak düzenlenirse; Denklem (16) elde edilir. Elde edilen denklemin birinci ve ikinci türevi alınırsa sırasıyla Denklem (17) ve (18) oluşturulur.

$$e(t) = r(t) - y(t) \quad (15)$$

$$e = \dot{\theta}_r - \dot{\theta}_m \quad (16)$$

$$\dot{e} = \ddot{\theta}_r - \ddot{\theta}_m \quad (17)$$

$$\ddot{e} = \dddot{\theta}_r - \dddot{\theta}_m \quad (18)$$

Transfer fonksiyonuna Denklem (19)'daki gibi parametre değerleri girilip Denklem (20)'deki eşitlik yazılabilir.

$$\frac{\dot{\theta}(s)}{V(s)} = \frac{0.0338}{0.922x10^{-8}s^2+0.000016s+0.00114} \quad (19)$$

$$0.922x10^{-8}\ddot{\theta}_m(t) + 0.000016\ddot{\theta}_m(t) + 0.00114\dot{\theta}_m(t) = 0.0338V(t) \quad (20)$$

Sistem durum değişkenleri aşağıdaki gibi gösterilebilir.

$$x_1 = \dot{\theta}_m(t) \quad (21)$$

$$x_2 = \dot{x}_1 = \ddot{\theta}_m(t) \quad (22)$$

$$\dot{x}_2 = \dddot{\theta}_m(t) \quad (23)$$

$$y = x_1 \quad (24)$$

$$u = V(t) \quad (25)$$

$$\dot{x}_2 = \ddot{\theta}_m(t) = \frac{0.0338V(t)-0.000016x_2-0.00114x_1}{0.922\text{x}10^{-8}} \quad (26)$$

Sabit değişimli erişim kuralı için aşağıdaki eşitlik yazılabilir.

$$\ddot{\theta}_r - \ddot{\theta}_m + \lambda(\ddot{\theta}_r - \ddot{\theta}_m) = -p.sign(s) \quad (27)$$

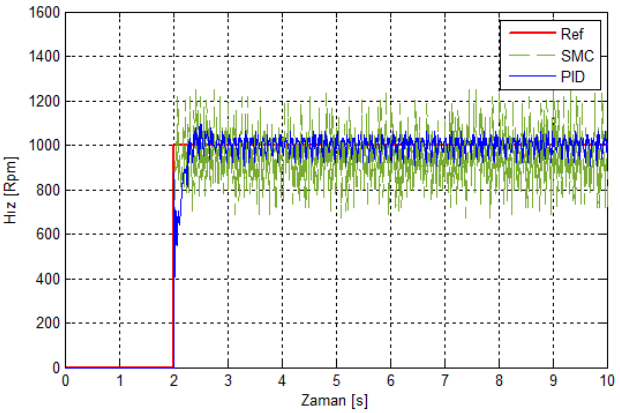
Denklem (26) ve Denklem (27) çözülürse sisteme uygulanacak giriş sinyali aşağıdaki şekilde elde edilir. Kayma kipli kontrolörde λ ve p parametrelerinin değerleri istenilen sistem çıkışına uygun olarak belirlenmektedir.

$$u(t) = \left(\frac{0.000016-0.922\text{x}10^{-8}\lambda}{0.0338}\right)\ddot{\theta} + \frac{0.00114\dot{\theta}}{0.0338} + p.sign(s) \quad (28)$$

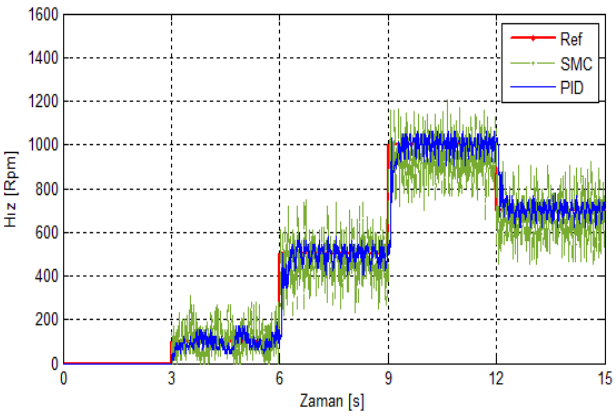
4. DENEYSEL ÇALIŞMA SONUÇLARI

Bu bölümde DC motorun gerçek zamanda hız kontrolü PID ve Kayma kipli kontrol algoritmaları deney düzeneği üzerinde uygulanmış ve sonuçları karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Hız grafiği gerçek zamanlı olarak her iki uygulama için bilgisayar ortamında kullanıcı ara yüzü üzerinde çizdirilmiştir. Ayrıca hazırlanan deney düzeneği ile gerçek zamanda kontrol parametrelerine erişim sağlanarak değerleri değiştirilebilmekte ve çıkışa olan etkileri anlık olarak gözlenebilmektedir. Bu çalışmada kontrolör parametreleri deneme yanılma metodu ile sistem çıkış performansları gözlemlenerek seçilmiştir.

Referans giriş sinyali sabit 1000 rpm olarak her iki kontrol algoritması için sistem girişine uygulanmış ve çıkış sinyal grafikleri Şekil 2'de sunulmuştur. Örnekleme zamanı (t_s) bu uygulama için 0.01 s olarak seçilmiştir. Şekil 2'de sunulan grafikte görüldüğü gibi PID kontroldeki aşırı aşım miktarı kayma kipli kontrole göre daha düşük değerdedir. Oturma zamanı ve yükselme zamanı kriterlerine bakıldığında ise kayma kipli kontrolün PID kontrolöre göre daha iyi performanslı olduğu görülmektedir.



Şekil 2. Sabit referans giriş



Şekil 3. Değişken referans giriş

Her iki kontrol algoritmasına ait performans kriterleri Tablo 2'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Tablo 2. Sabit Referans Girişi için Karşılaştırma

	Kayma Kipli Kontrol (SMC)	PID Kontrol
Aşırı Aşım	%25	%9.4
Yükselme Zamanı	50 ms	280 ms
Oturma Zamanı	190 ms	800 ms
Kalıcı Durum Hatası	-	-

Referans giriş olarak her iki kontrol algoritmasına değişken bir sinyal uygulanmış ve sistem performansı incelenmiştir. Uygulanan giriş değerleri 3 saniye aralıklarla 0, 100, 500, 1000, 700 rpm olarak belirlenmiştir. Uygulanan girişlere karşılık sistem çıkışları Şekil 3'te sunulmuştur.

Değişken hız grafiklerine bakıldığında referans sinyalin takibinde her iki kontrol yönteminin de etkili olduğu görülmektedir. Şekil 3'te sunulan kayma kipli kontrol yöntemi ile elde edilen çıkış grafiğinde görüldüğü gibi kayma kipli kontrolün yükselme ve oturma zamanındaki performansı PID kontrolöre göre daha iyidir. Oturma bandındaki salınımlarının genliği ise PID kontrolöre göre daha fazladır. PID kontroldeki aşırı aşım miktarı ise kayma kipli kontrole göre daha düşük seviyelerdedir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada PID ve kayma kipli kontrol yöntemleri gerçek zamanda DC motor hız kontrolünü sağlamak amacıyla uygulanmıştır. Elde edilen deneysel sonuçlar karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Tablo 2'ye göre aşım miktarı PID kontrolör için daha azdır; fakat yükselme ve oturma zamanı kriterleri açısından ise kayma kipli kontrolörde daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Kocaeli Üniversitesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü Sensör Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Çalışmalarımız esnasında her türlü altyapı desteği sağlayan Sensör Laboratuvar çalışanlarına teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

[1] Ahmed A. H. O. 2012. Performance Comparison of Sliding Mode Control and Conventional PI Controller for Speed Control of Separately Excited Direct Current Motors. Journal of Science and Technology, Vol. 13, No. 2, pp.74-80.

[2] Köse F., Kaplan K., Ertunç H. M. 2013. PID ve Bulanık Mantık ile DC Motorun Gerçek Zamanda STM32F407 Tabanlı Hız Kontrolü. Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı, TOK2013, Malatya, Türkiye, pp. 1178-1183.

[3] Coşkun İ., Terzioğlu H. 2009. Gerçek Zamanda Değişken Parametreli Pid Hız Kontrolü. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu(IATS'09), Karabük, Türkiye.
[4] Köse E., Abacı K., Aksoy S. 2010. Mekanik Sistemlerin PID ve Kayma Kipli Kontrol ile Modellenmesi ve Analizi. Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu, Bursa, Türkiye.
[5] Moghaddas M., Dastranj M., Changizi N., Rouhani M. 2011. Robust Control of DC motor Using Fuzzy Sliding Mode Control and Genetic Algorithm. The Journal of Mathematics and Computer Science, Vol. 2, No. 4, pp.572-579.
[6] Kalaycı M. B., Yiğit İ. 2015. Pratikte Kullanılan Bazı Kayan Kipli Kontrol Tekniklerinin Teorik ve Deneysel İncelenmesi. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi Universty*, Vol 30(1), pp.131-142.

TERMO-KİMYASAL YÖNTEMLERLE YÜZEYİ MODİFİYE EDİLMİŞ 16MnCr5 ÇELİĞİNDE MİKROYAPI VE MEKANİK ÖZELLİKLER ÜZERİNE KRİYOJENİK İŞLEMİN ETKİSİ

Tolga Özyön
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
safirtolga@gmail.com Orcid ID: 0000-0003-0653-9683

Ersel Aydın
Önerler Makina Çelik Isıl İşlem San. ve Tic. Ltd. Şti.
erselaydin480@gmail.com

Ş. Hakan Atapek
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
hatapek@kocaeli.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, düşük karbonlu sertleştirilebilir 16MnCr5 çeliğine gaz sementasyonu, düşük basınçlı sementasyon ve karbonitrasyon gibi termo-kimyasal yüzey işlemleri uygulanmıştır. Yüzeyi modifiye edilen çelikte, kesit matriksine ve sertliğine kriyojenik işlemin etkisi incelenmiştir. Mikroyapısal ve mekanik karakterizasyon çalışmaları, (i) düşük basınçlı sementasyonun gaz sementasyona kıyasla eşdeğer sertleştirme derinliğinde daha az kalıntı östenit oluşturduğunu ve daha ince martenzitik yapıdan dolayı yüzey sertliğininin nispeten arttığını, (ii) karbonitrasyon ile kaba martenzitik bir yapının oluştuğunu ve kesitte kalıntı östenitin var olduğunu, (iii) derin soğutmanın tüm modifikasyon işlemlerine kıyasla kesitte daha ince martenzitik yapının ve kalıntı östenit hacminin oluşumuna katkı verdiğini ve böylece sertleştirme derinliğinde daha yüksek sertlik değerlerine ulaşıldığını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: 16MnCr5 çeliği, yüzey işlemi, mikroyapı, sertlik

EFFECT OF CRYOGENIC PROCESS ON MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF 16MnCr5 STEEL SURFACE MODIFIED BY THERMO-CHEMICAL PROCESSES

Abstract

In this study, thermo-chemical surface treatments like gas cementation, low pressure cementation and carbonitration were applied to 16MnCr5 alloy which is a low carbon hardenable steel. The effect of cryogenic process on both cross-sectional matrix and hardness of the modified steel was studied. Microstructural and mechanical characterization studies showed that (i) less retained austenite at equivalent hardening depth was obtained by low pressure cementation process and its surface hardness relatively increased due to finer martensitic structure compared to the gas cementation, (ii) coarse martensitic structure was formed by carbonitriding and retained austenite was obtained in the cross-sectional of the matrix, (iii) deep cooling revealed a finer martensitic structure and lower retained austenite within the matrix and higher hardness values was achieved within the hardening depth.

Keywords : 16MnCr5 steel, surface treatment, microstructure, hardness.

1. GİRİŞ

Günümüz mühendislik uygulamalarında geniş kullanım alanları bulan çelik esaslı parçalar her alanda istenilen mekanik özellikleri yerine getirememektedirler. Bunun için kullanım alanlarına özgü düşük karbonlu çelikler ve bu çeliklerin yapı, özellik ve performanslarını iyileştirilmek için çeşitli ısıl işlemler ve yüzey işlemleri tasarlanmaktadır (Stratton & Sproge, 2004). Yapılan bu tasarımlar ile çeliklerin metalurjik yapılarında kontrollü değişimler sağlanarak mukavemet, tokluk, aşınma ve korozyon dayanımı arttırılabilmektedir (*Liedtke*, 2005).

Konstrüksiyon parçalarından beklenen özelliklerin sağlanmasında çeliğin türü ve kalitesi de önemlidir. Endüstride yaygın bir şekilde kullanım alanı bulan düşük karbonlu yüzey sertleştirilebilir çelikler ısıl işlemler ile yüksek mekanik özellikler kazandırılmaktadır. Bu çeliklerden dişli, mil, zincir bloğu, rulman yatakları gibi birçok amaca hizmet eden iş parçası üretmek mümkündür (*Rahman et al.*, 2016). Düşük karbonlu çeliklerin daha kolay işlenmesi ve maliyetinin düşük olması yüzey modifikasyon işlemi sonrası daha pahalı ve işlemesi zor olan çeliklere göre bir rekabet alanı oluşturmuştur. Difüzyon ile prosesin kontrol edilmesi, yüzeyde oluşan sert karbür/nitrür/borür yapılarının var olması, yüzeyden merkeze doğru oluşturulan bir difüzyon tabakasının varlığı gibi metalurjik bileşenler parçaların yüzeylerinin sert, yorulma dayanımı yüksek ve aşınmaya karşı dirençli, merkez bölgelerinin ise muhtemel darbelere ve değişken yüklere karşı dayanıklı ve tok yapıda olmasını sağlamaktadır (*Kula et al.*, 2009). Yüzey modifikasyon işlemleri ile malzeme açısından aşınmayı azaltma ile sağlanılan bu faydanın daha da etkin bir şekilde yüzeyde direnç sağlamasına olanak sağlayan ve konvansiyonel ısıl işlem proses süreçlerini tamamlayıcı bir işlem olarak kullanılan bir diğer yöntem ise kriyojenik işlemdir (Molinari *et al.*, 2001). Sementasyon ve sertleştirme işlemleri sonrasında oda sıcaklığına kadar yapılan konvansiyonel soğutma sonucunda yapı içerisinde yarı kararlı kalıntı östenit bulunabilmektedir. İş parçalarının aşınma direnicini olumsuz etkileyebilen kalıntı östenit fazını gidermenin en etkili yolu konvansiyonel soğutma işleminin ardından kriyojenik işleminin uygulanmasıdır (Bensely *et al.*, 2005). Bu çalışma kapsamında, düşük karbonlu sertleştirilebilir bir çelik olan 16MnCr5 çelik yüzeyleri farklı termo-kimyasal yöntemler ile modifiye edilmiştir. Uygulanan kriyojenik işlem ile kesitten merkeze mikroyapısal ve mekanik değişimler fiziksel metalurjik esaslar doğrultusunda irdelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

Çalışma kapsamında, çapı 5 cm ve et kalınlığı 2 cm olan dairesel kesitli 16MnCr5 çeliği (0.15C-0.27Si-1.09Mn-1.04Cr-0.03Mo-0.14Ni, ağ.-%) kullanılmıştır. Önerler Makina Çelik Isıl İşlem San. ve Tic. Ltd. Şti. altyapısında bulunan vakum koruma atmosferli fırın (IPSEN) kullanılarak sementasyon, düşük basınç sementasyon (LPC) ve karbonitrasyon işlemleri gerçekleştirilmiştir. Gaz sementasyon sürecinde parçaların termal şoka maruz kalmaması için öncelikle 400 °C'de 1 saat ön ısıtma işlemi yapılmış, sonrasında ağırlıkça % 1.2 karbon potansiyeline sahip 920 °C sıcaklıkta fırına parçaların aktarılması sağlanmıştır. Karbürizasyon işlemi 100 dakikalık bir sürede gerçekleştirilmiştir. Karbürizasyon işlemi tamamlandıktan sonra parçalar 60 °C sıcaklığa sahip yağ ortamına aktarılarak su verme işlemi gerçekleştirilmiştir. Düşük basınçlı sementasyon işleminde parçalar vakum altında 600 °C sıcaklıkta bekleyen fırına yüklenerek fırın içerisine 1400 mbar seviyesinde azot takviye edilmiştir. Ardından 800 °C fırın sıcaklığında 1 saatlik tutma ile parçlarda bir ısıl işlem gerçekleştirilmiştir. Vakum altında 0.3 mbar'lık fırın basıncında ve fırın sıcaklığının 920 °C sıcaklığa set edilmesi sonrası ortama asetilen (C_2H_2) gazı sağlanarak 3 saat boyunca karbon emdirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Parçalar soğuk olarak hazırda bekleyen soğutma kamarasında 10 mbar azot basıncı ile 10 dakika boyunca hızlı soğutma işlemine tabi tutularak yüzey ve çekirdeğinde martenzitik dönüşüm sağlanmıştır. Karbonitrasyon işlemi ise 840 °C sıcaklıkta 3 saat içerisinde % 1 karbon potansiyeline sahip amonyak ayrışma ortamında gerçekleştirilmiştir. Soğutma işlemi, diğer proseslere benzer olarak 60 °C sıcaklığa sahip yağ banyosunda yapılmıştır.

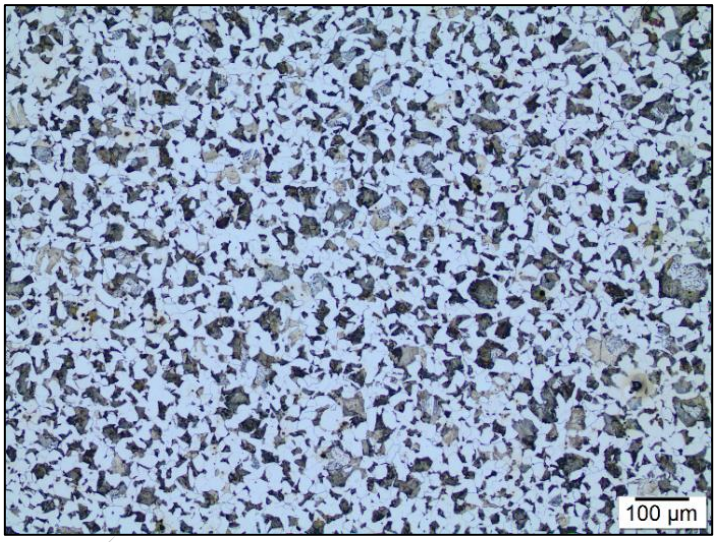
Derin soğutma işlemine tabii tutulmamış tüm bu parçaların yapı içerisindeki gerilimlerin giderilmesi ve yapıdaki ince, iğnesel, sert ve kırılgan formdaki martenziti dağıtıp yapının temper martenzit yapısı haline getirilmesi için temperleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem için parçalar önce 180 °C sıcaklığında fırınlarda 2 saat boyunca tutulmuş ve sonrasında sakin hava ortamında oda sıcaklığına soğutulmuştur. Yapılan gaz sementasyon ve düşük basınç sementasyon işlemi sonrasında özellikle yüzey kısmında kalıntı östenit oluşumu söz konusu olduğundan, parçalara derin soğutma işlemi uygulanmıştır. Derin soğutma işleminde parçalar sıvı azot ortamında (-70 °C sıcaklık) 90 dak. bekletilmiştir. Sonrasında ise 180 °C sıcaklığındaki fırınlarda parçalar 2 saat boyunca tutularak sakin hava ortamında oda sıcaklığına soğutulup, hedeflenen bir başka ısıl işlem çevrimi de tamamlanmıştır.

Yüzeyleri modifiye edilen malzemelerde kesitte mikroyapısal incelemeler yapabilmek için numunelerde metalografik işlemler yapılmıştır. Numuneler sırası ile 320, 600, 1000, 2500 ve 4000 mesh'lik SiC aşındırıcı içeren zımpara kağıtları kullanılarak zımparalanmıştır. Nihai parlatma 3 µm'luk elmas

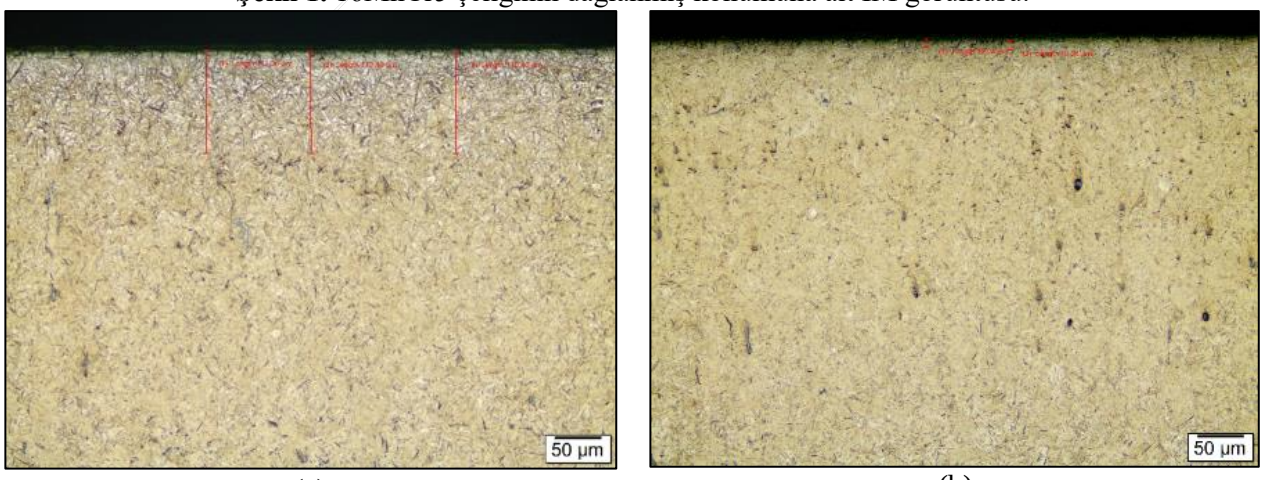
solüsyon ile yapılmış olup, dağlama işlemi % 3'lük nital çözetlisi ile gerçekleştirilmiştir. Mikroskobik incelemelerde refleksiyon tipi bir ışık mikroskobu (IM, Olympus BX41M-LED) kullanılmıştır. Yüzeyden merkeze yapılan sertlik ölçümleri ile de mekanik karakterizasyon gerçekleştirilmiştir.

3. SONUÇ

Şekil 1'de hammadde olarak kullanılan 16MnCr5 çeliğinin dağlanmış konumuna ait IM görüntüsü verilmiştir. Çelik matriksinde aydınlık kontrastlı bölgeler ferrit fazını içermekte iken koyu kontrastlı bölgeler perlitik yapının varlığını işaret etmektedir. Malzeme bu konumunda 200 HV sertliğe sahiptir. Sementasyon işlemi ile yüzeyden merkeze yaklaşık 600 µm'luk bir sertleştirme derinliğine ulaşılmış olup, yüzeyde/yüzey altında martenzitik bölgelere ek olarak belirli bir derinlikte (~ 100 µm) kalıntı östenit tespit edilmiştir (Şekil 2a). Şekil 2b'den de görüleceği üzere, derin soğutma ile daha ince martenzitik yapı elde edilmiş olup, kalıntı östenitin varlığı kesitte daha dar bir bölge (~ 5 µm) ile sınırlandırılmıştır. Uygulanan bu yüzey işlemleri sonrası hammadde sertliğien kıyasla daha yüksek sertlik değerlerine ulaşılmış olup, Şekil 3'den görüleceği üzere sementasyon işlemi ilk 150 µm'luk derinlikte yüzey sertliği 810-780 HV seviyesinde iken, derin soğutma ile bu sertlik aralığı 870-800 HV seviyesine arttırılmıştır. Yüzeyden merkeze doğru kademeli olarak sertlikte bir azalma tespit edilmiş olup, özellikle 600 µm'luk sertleştirme derinliği sonrası çelik merkez yapısının yaklaşık 300 HV sertlik değerine ulaştığı belirlenmiştir.

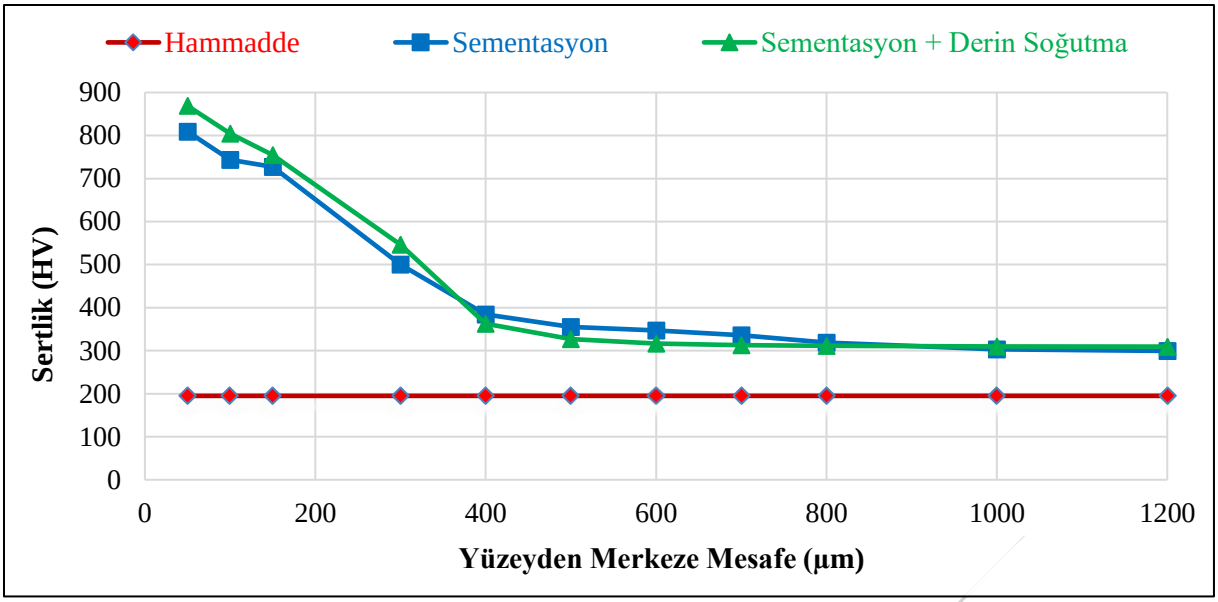


Şekil 1. 16MnCr5 çeliğinin dağlanmış konumuna ait IM görüntüsü.



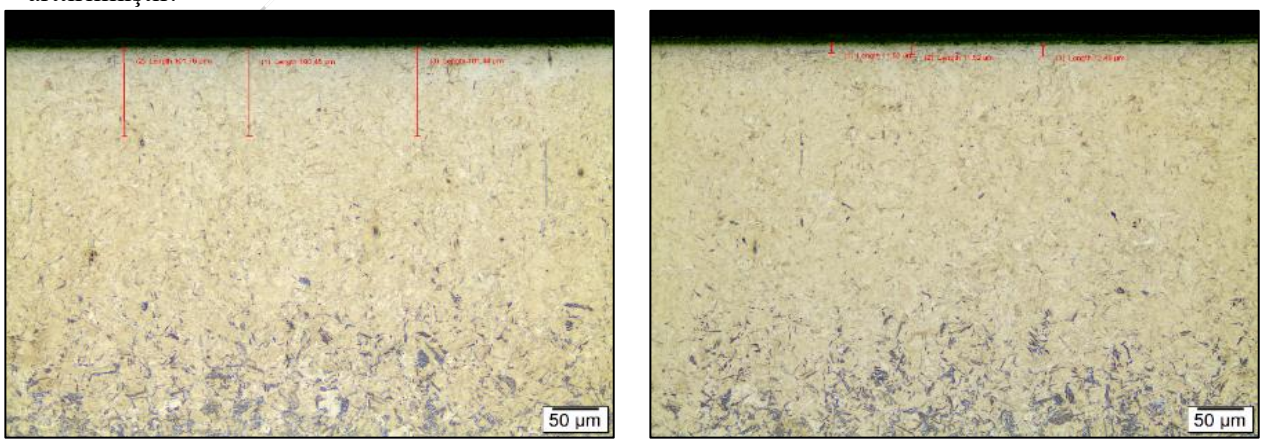
(a) (b)

Şekil 2. (a) Sementasyon işlemi ve (b) sementasyon ve derin soğutma uygulanmış çeliğin IM kesitleri.



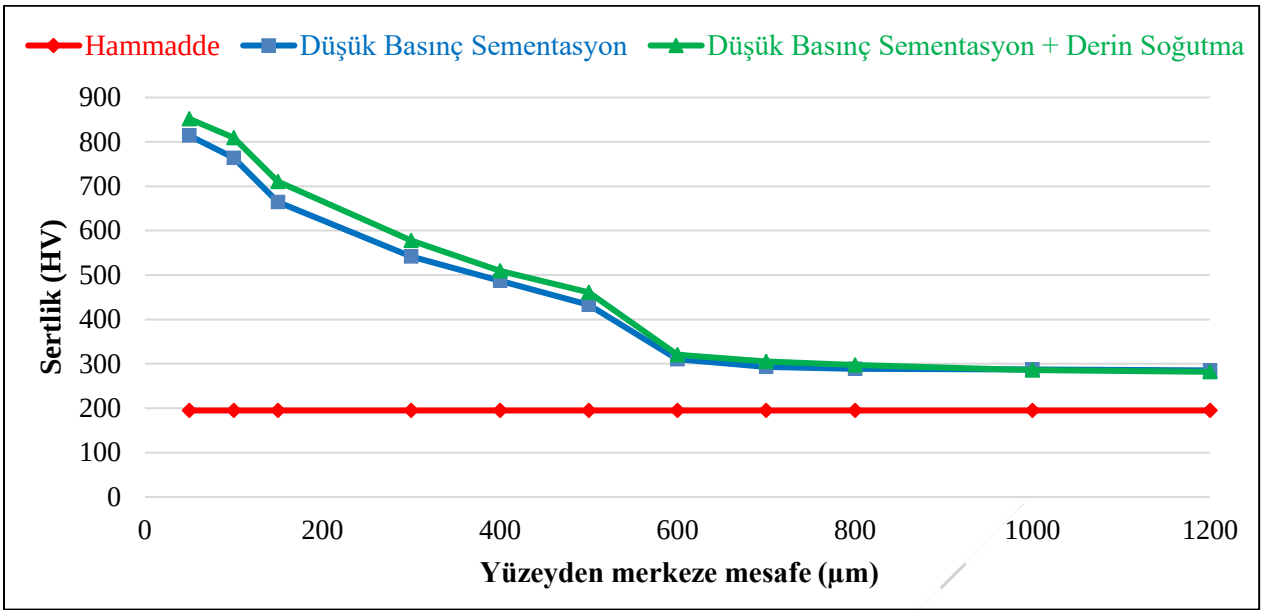
Şekil 3. Sementasyon ve derin soğutma işlemi uygulanmış çelikte yüzeyden merkeze sertlik değişimi.

Şekil 4'de düşük basınç sementasyon işlemi ve sonrasında derin soğutulmuş çeliğe ait IM görüntüleri verilmiştir. Sementasyona benzer olarak yüzeyden merkeze sertleştirme derinliğinde önemli ölçüde martenzitik dönüşüm sağlanmış olsa da, düşük basınç sementasyon işlemi ile de yüzey/yüzeyaltında önemli bir miktarda kalıntı östenit gözlenmiştir (Şekil 4a). Bu proses sonrası yüzeyden yaklaşık 110 µm'lik bir derinliğe kadar kalıntı östenitin varlığı gözlenmiştir. Derin soğutma işlemi ile önemli ölçüde kalıntı östenitin giderimi sağlanmış ve yüzeyden sadece yaklaşık 3 µm'luk derinliğe kadar yarı kararlı bu faz tespit edilmiştir (Şekil 4b). Şekil 5'de verilen yüzeyden merkeze doğru sertlik değişim profilleri dikakte alındığında, derin soğutma ile bir taraftan daha ince martenzitik yapıların eldesi ve diğer taraftan da kalıntı östenitin azaltılması neticesinde sertlik önemli ölçüde arttırılabilmiştir. Düşük basınç sementasyon ile maksimum sertliği 815 HV değerine ulaşabilmiştir. Derin soğutma sonrası maksimum yüzey sertliği 850 HV olarak belirlenmiştir. Yapılan karbonitrasyon işlemi ile yüzeyden merkeze doğru sertleştirilmiş bir tabaka yapısına da ulaşılmış ve Şekil 6'da verilen IM görüntülerinde de anlaşılacağı üzere sementasyon işlemi görmüş çeliğe kıyasla daha yoğun bir kalıntı östenit yapısı gözlenmiştir. Yüzeyden yaklaşık 130 µm'luk bir derinlikte kalıntı östenit bulunabilmektedir. Derin soğutma işlemi ile yarı kararlı faz olan kalıntı östenit önemli ölçüde giderilmiş olup, yüzeyden yaklaşık 4 µm'luk bir derinlikte ilgili faza rastalnamıştır. Şekil 7 karbonitrasyon ve sonrasında yapılan derin soğutma ile malzemenin yüzeyden merkeze sertlik değişimini göstermektedir. Bu işlem ile yüzeyde maksimum 740 HV sertlik değerine ulaşılmış ve sonrasında yapılan derin soğutma ile sertlik 825 HV değerine arttırılmıştır.

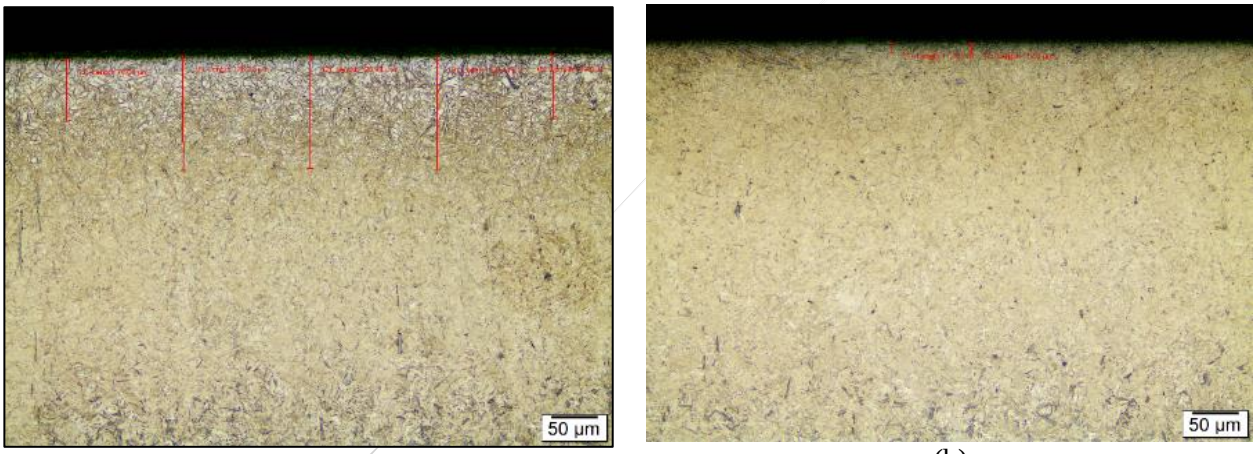


(a) (b)

Şekil 4. (a) Düşük basınç sementasyon işlemi ve (b) sementasyon ve derin soğutma uygulanmış çeliğin IM kesitleri.

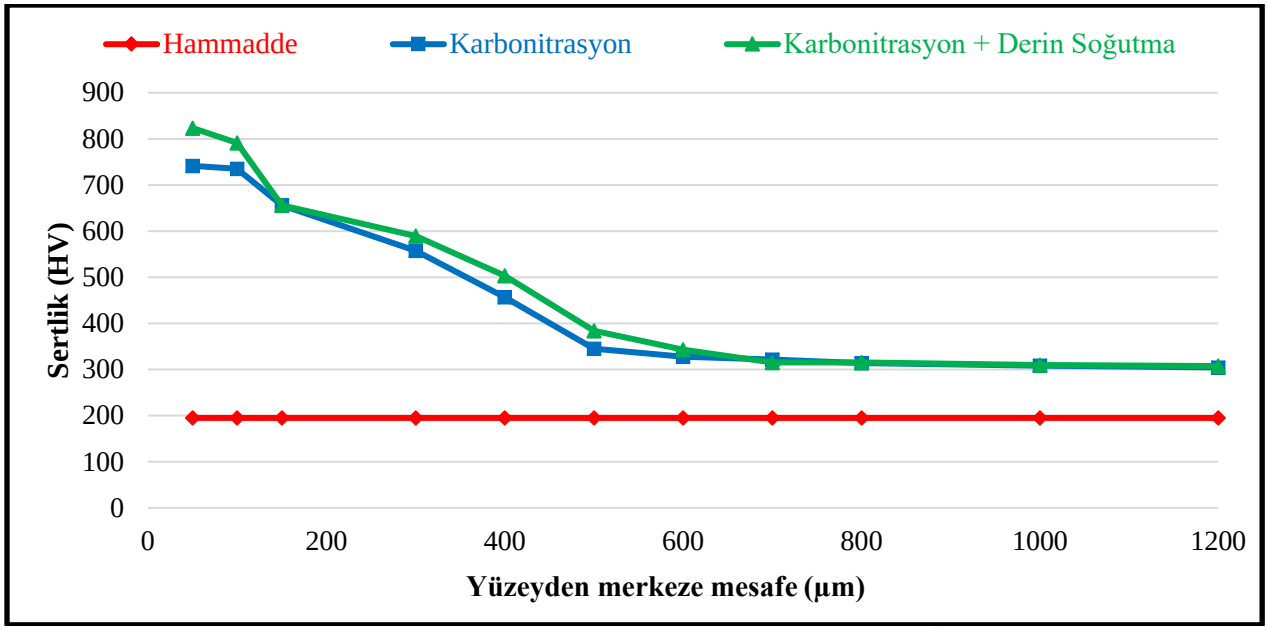


Şekil 5. Düşük basınç sementasyon ve derin soğutma işlemi uygulanmış çelikte yüzeyden merkeze sertlik değişimi.



(a) (b)

Şekil 6. (a) Karbonitrasyon işlemi ve (b) karbonitrasyon ve derin soğutma uygulanmış çeliğin IM kesitleri.



Şekil 7. Karbonitrasyon ve derin soğutma işlemi uygulanmış çelikte yüzeyden merkeze sertlik değişimi.

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada, düşük karbonlu sertleştirilebilir 16MnCr5 çeliğinde farklı termo-kimyasal yüzey işlemleri uygulanmış ve prosesleri takiben yapılan derin soğutmanın mikroyapısal bileşenlere ve yüzey mekaniğine olan etkileri incelenmiştir. Yüzey modifikasyonları sonrası 0,5 ± 0,1 mm''lik bir sertleştirme derinliği oluşturulmuştur. Modifikasyon işlemleri ile yüzeyde % 15 oranında kalıntı östenit tespit edilmişken, derin soğutma ile bu hacmin % 2 oranına azaltılmıştır. Daha ince martenzitik bir yapının derin soğutma oluşturulması yüzeylerin sertliklerini daha da arttırmış olup, derin soğutma ile çelik yüzeyinde prosesine de bağlı olarak 1.1 kat daha fazla sertlik eldesi sağlanabilmiştir.

TEŞEKKÜR

Çalışmaya olan katkısından dolayı Önerler Makina Çelik Isıl İşlem San. ve Tic. Ltd. Şti.'ne teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

BENSELY A., et al., (2005), Enhancing the wear resistance of case carburized steel (En353) by cryogenic treatment", *Cryogenics*, 45, 747–754.

KULA P., et al., (2009), PrenitPC – the modern technology for automotive, *New challenges in heat treatment and surface engineering*, 78, 165–170.

LIEDTKE D., (2005), Wärmebehandlung von stahl – härten, anlassen, vergüten, bainitisieren, *Merkblatt*, 450, 322-341.

RAHMAN S.M., et al. (2016), Effect of heat treatment on low carbon steel - an experimental investigation, *Applied mechanics and materials*, 860, 7-12.

MOLINARI A., et al., (2001), Effect of deep cryogenic treatment on the mechanical properties of tool steels, *Journal of Material Processing Technology*, 118, 350-355.

STRATTON P. F. & SPROGE L., (2004), Gaseous carburizing and carbonitriding: the basics, *Heat Treatment of Metals*, 31(3), 65–68.

THE EFFECT OF INFILL PATTERN ON MECHANICAL PROPERTIES OF MATERIALS PRODUCED BY FUSED DEPOSITION MODELING

Çiğdem DİNDAR
Tofaş Turkish Automotive Factory, R&D, Bursa, Turkey
cigdem.dindar@tofas.com.tr, Orcid ID: 0000-0002-4597-906X

Meryem ALTAY
Uludağ University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering
meryemaltay@uludag.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-6930-6292

Mümin TUTAR
Turkish National Defence University, Air NCO Higher Vocatonal School
mtutar@msu.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-7286-3433

Hakan AYDIN
Uludağ University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering
hakanay@uludag.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-7364-6281

Abstract
Fused Deposition Modeling (FDM) is an additive manufacturing method that is used to manufacture functional parts in which thermoplastic filament material is melt-extruded and deposited in layer-on-layer, recently developing rapidly. In this study, infill pattern that is a FDM process parameter has been changed as the variants of Grid, Trihexagon, and Cross3d while other process parameters were kept constant to compare the effect of these on mechanical properties. In additionly, eSUN e-Pa Polyamide has been used as the type of filament. Test specimens have been subjected to a compression test and then the values of stress-strain curve, ultimate tensile strength, energy absorption capacity have been obtained. According to this study, the best infill pattern has been determined by taking the production time and mechanical properties into account.

Keywords: Additive Manufacturing (AM), Fused Deposition Modeling (FDM), Infill Pattern, Compression Test.

1. INTRODUCTION

Additive manufacturing (AM) which is the rapid prototype method is also known as three-dimensional (3D) printing technology (Kariz et al., 2018). In recent years, AM has been commonly used to produce products in a wide range of applications such as automotive, medicine, robots, electronics, construction, military, aerospace, and others (Dizon et al., 2018; Lee et al., 2017).

There are various AM techniques such as FDM (Fused Deposition Modeling), Selective Laser Sintering, Stereolithography, Direct Metal Laser Sintering, and others, which all has a similar process flow but using different print materials like a liquid, solid and powder. Moreover, FDM is the most widely used technique for manufacturing polymer parts (Wang et al., 2017). But, it has some challenges: part built is weaker in the z-direction, it can be a necessary sanding operation due to high surface roughness and it requires support structures. Furthermore, it is difficult to obtain sharp corners because of the circular section of the nozzle (Demirci et al., 2018; Durgun, 2015).

In the FDM technique, a wide range of thermoplastic filament is used for material extrusion. Following various engineering polymers are the most widely used materials for printing: Acrylonitrile butadiene styrene (ABS), polyamide (PA), polycarbonate (PC), polyethylene (PE), polypropylene (PP), polyether ether ketone (PEEK), polyetherimide (PEI), polyvinyl acetate (PVA), high impact polystyrene (PS) and polystyrene (PS) (Kain et al., 2020). Among these materials, PA has an important place with its superior performance. But some problems such as warping, distortion, and lack of shape stability can be seen in products fabricated with pure PA (Zhang et al., 2020).

In the FDM printing technique based on materials extrusion, firstly filament is heated up to the melting temperature and selectively deposited through a nozzle to build a 3D part as shown in the schematic of 3D printer in Figure 1 (Daminabo et al., 2020).

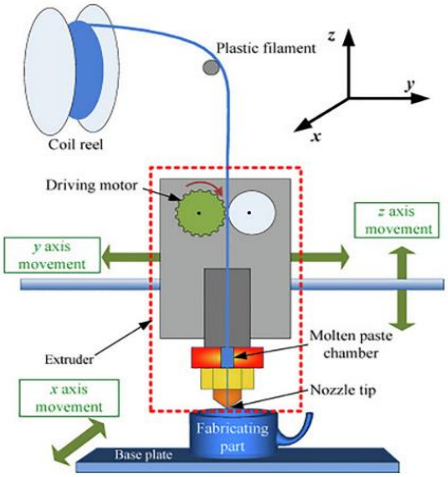


Figure 1. Schematic diagram of FDM technique (Jin et al., 2015).

Many researchers investigated the wide variety of parameters effected the mechanical properties of parts produced. Some of these parameters are infill patterns, the density of infill, raster angle, the thickness of the layer, build orientation, speed of printing, the temperature of extrusion, nozzle diameter and, raster width (Abbas et al., 2017; Dudescu and Racz, 2018; Wu et al., 2015; Chacón et al., 2017; Gao et al., 2020). Selection of the process parameters and the true combination of them has a big importance for resulting mechanical properties of the product (Casavola et al., 2016; Mohamed et al., 2015).

Abbas et al. focused on the compression properties of 3d printed PLA parts. As the filling density increased, it is observed that printing time and compressive strength of samples increased. The results revealed that printing solid infill is more useful according to non-solid infill patterns in the case compression samples (Abbas et al., 2017). In another study made by Khan et al., it has been found that parameters of the 3D printer such as density, nozzle temperature and movement speed and stability of the machine as well as important, this can influence printing quality of the specimen and cause deviation at the test results (Khan et al., 2018). Effect of infill patterns on the stiffness and strength of 3D lightweight cellular parts were observed by means of three-point bending and tensile tests. Results showed that the mechanical response varied widely depending on the infill patterns and the number of perimeter shells at the same density (Lubombo and Huneault, 2018).

In this study, the effect of infill pattern on the mechanical properties under compressive load was investigated. Three different infill patterns, namely Grid (gr), Tri Hexagon (th), and Cross 3d (c3d), were examined in 3d printing. Because studies made by using Polyamide filament, are relatively a low number in the literature, this filament was chosen in the study.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Materials

In this study, eSUN e-Pa Polyamide which is preferred for its mechanical properties and flexibility was used as filament material for specimen production. Used filament diameter was 1.75 mm. It has a translucent, high impact and wear resistance, low flammability, and high distortion temperature, lightweight, easy malleability features; durable parts can be printed (Abbas et al., 2017; Anoop and Senthil, 2020; Kabir et al., 2020; Sunny et al., 2018). However, the main disadvantages of Polyamide are that it is hygroscopic, it easily absorbs moisture, and hence it can cause quality problems (Chabaud et al., 2019; Wickramasinghe et al., 2020).

2.2. Process and Process Parameters

FDM is the most common using additive manufacturing technique in which the filament is melted and extruded by a nozzle. A thermoplastic filament is heated to a liquid state and extruded through a nozzle and deposited on a heated bed; the deposited layers form a bond with the previous layers and solidify

(Srinivasan, Kumar, et al., 2020; Srinivasan, Rathish, et al., 2020; Srinivasan, Ruban, et al., 2020). The computer-aided CAD drawing model is created using SpaceClaim software and saved as STL (Stereolithography) format, then, the model is transferred to Ultimaker CURA which is a slicer software, setting parameters adjusted to print the relevant part. Creality Ender 3 Pro, as shown in Figure 2, is used to run gcodes and manufacture the specimens.



Figure 2. Creality Ender 3 Pro 3D printer

In this study, the infill pattern is changed by keeping the other parameters constant, such as infill density, layer thickness, raster angle, deposition direction. The selected infill patterns are the Grid, Trihexagon, and Cross3d, shown in Figure 3.

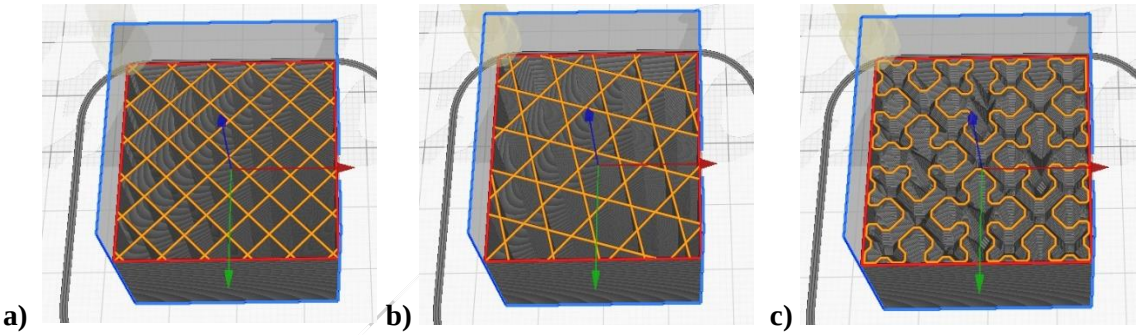


Figure 3. The selected infill patterns have been in the types of a) Grid, b) Trihexagon and c) Cross3d.

Infill density can be defined as the percentage of plastic used on the inside of the print, 20% infill density was used in this study. Less infill density provides the advantage in terms of printing time, but the optimum condition has to be determined between durability and material consumption. Layer thickness is a measure of the layer height, that is associated with the diameter of the extruder nozzle tip and it was used 0.2 mm. Nozzle tip diameter, printing speed, bed temperature, nozzle temperature values were 0.4 mm, 50 mm/s, 80°C, 230°C respectively.

Cubic specimens with 30 mm edge length were produced for each infill pattern and, 3 test specimens were tested for each pattern. In addition, the production time and mass were measured.

2.3. Compression Test

Compression tests were carried out using the GUNT WP 300 Universal Materials Testing Machine which has a load capacity of 20kN This testing machine can be seen, in Figure 4a. The crosshead speed roughly 5 mm/min, the experiments were carried out at room temperature (25 °C). Stress-strain curves were obtained using force-displacement values. The mass of the samples was weighed by Sartorius BP221S analytical balance, which has 220 g capacity and precision is 0.1 mg, depicted in Figure 4b.

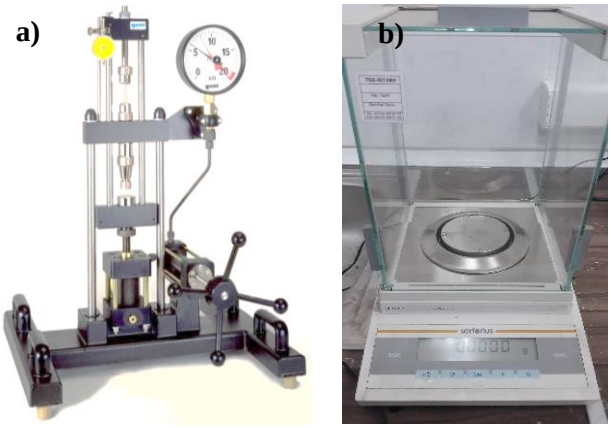


Figure 4. a) GUNT WP 300 Universal Materials Testing Machine b) Sartorius BP221S analytical balance

3. RESULTS AND DISCUSSION

Mechanical properties (modulus of elasticity, maximum stress, and toughness) of specimens infilled with different patterns was determined by the compression test. The compression test was repeated three times for each infill pattern. The specimens, before and after the experiment are shown in Figure 5.

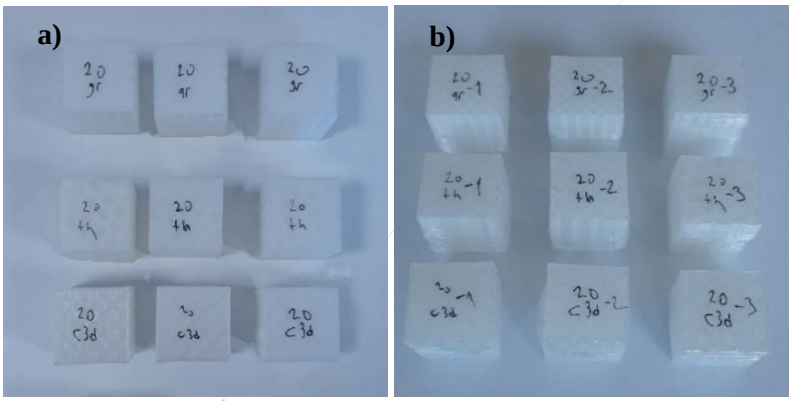


Figure 5. a) Specimens before the compression test b) Specimens after the compression test

Stress-strain and force-displacement curves are plotted for Grid, Trihexagon, Cross3d infill patterns, stress-strain curves shown in Figure 6. The modulus of elasticity was calculated with the slope of the elastic region of the stress-strain curve. Additionally, to obtain the energy absorption capacity, the area under the force-displacement curve was calculated up to maximum force. The equation is constituted by plotting a linear curve for the elastic region. Elasticity modulus was obtained by taking derivative of the equation, it is illustrated for respectively Grid, Trihexagon, Cross3d infill patterns in Eq.1-3.

$$y=180.29x - 0.729 \quad (1)$$

$$y=185.28x - 0.746 \quad (2)$$

$$y=101.44x - 0.449 \quad (3)$$

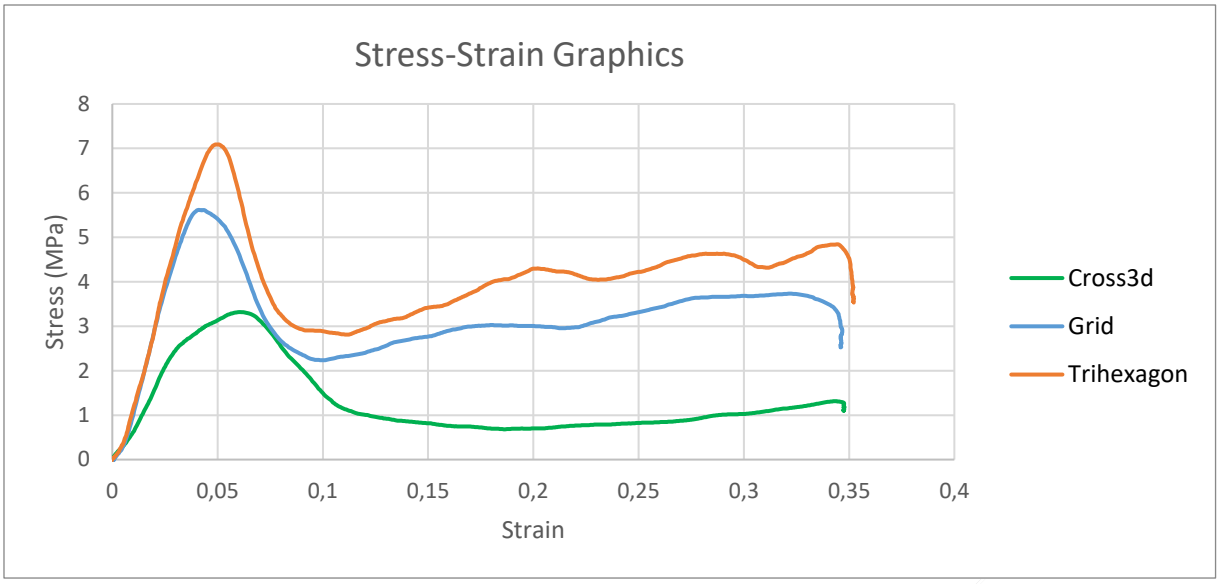


Figure 6. Stress-strain curves for different infill patterns

The highest mechanical properties were obtained in the Trihexagon filling pattern, the elasticity module was 185 MPa, ultimate stress was 7.09 MPa and it was 38.25 J for the absorbed energy. Grid infill pattern had moderate mechanical properties compared to others, elasticity modulus was 180 MPa, and the ultimate stress was 5.62 MPa, absorbed energy was 29.95 J. The lowest mechanical properties have been determined in the Cross3d filling pattern, the elasticity modulus was 101 MPa, its ultimate stress was 3.32 MPa, and absorbed energy was 12.21 J. The vertical orientation of layers along the printing direction is effective in determining the mechanical properties (Abeykoon et al., 2020; Aloyaydi et al., 2020).

Trihexagon filling pattern had a hexagonal shape, which was effective in having high mechanical properties. On the other hand, Cross3d filling pattern provided the lowest mechanical properties due to complex and uniform layers along the z-axis. Because their own characteristics, while Grid and Trihexagon patterns are in the 2.5D geometries, Cross3d has a 3d geometry . This difference made Cross3d more flexible, so it showed the lowest modulus of elasticity.

The mass and production time parameters are shown in Table 1. Considering not only the short production time but also the lightness of mass, the Trihexagon infill pattern determined as an optimum.

Table 1. The mass measured of specimens and the production time parameters.

Infill Pattern	Time (min)	Measured Mass (g)
Grid (gr)	52	7.26
Trihexagon (th)	49	6.21
Cross3d (c3d)	58	7.29

4. CONCLUSION

In this study, the effect of Grid, Trihexagon, Cross3d infill patterns on mechanical properties with Polyamide Esun e-Pa Nylon filament material in the FDM was investigated by the compression test: specimens were produced with 20% infill density and 0.2 mm layer thickness. The optimum filling pattern was evaluated by examining the durability, material consumption, and production time.

- By using the stress-strain and force-displacement graphs, the modulus of elasticity, the highest stress value were found and energy absorption capacity was calculated.
- The highest mechanical properties were obtained in the Trihexagon filling pattern, elastic modulus 185 MPa, ultimate stress 7.09 MPa, absorbed energy 38.25 J. The Hexagonal shape

infill pattern might have been effective in sticking and bonding the materials. However, Cross3d infill pattern had the lowest mechanical properties due to the complex and uniform layers along the z-axis.

- When the mass in which amount of material used, and production time were examined, the Trihexagon infill pattern had the optimum mechanical properties under a compressive load of cubic specimens.

ACKNOWLEDGEMENTS

TÜBİTAK 2244 industry doctoral program (project no 118 C 083) has contributed to this study and we would like to thank the TÜBİTAK institution.

REFERENCES

Abbas, D., Mohammad Othman, D., Basil Ali, H. (2017). Effect of infill Parameter on compression property in FDM Process, *Int. Journal of Engineering Research and Application*,7(10),16-19.

Abeykoon, C., Sri-amphorn, P., Fernando, A. (2020). Optimization of fused deposition modeling parameters for improved PLA and ABS 3D printed structures, *International Journal of Lightweight Materials and Manufacture*, *3*(3), 284–297.

Aloyaydi, B., Sivasankaran, S., Mustafa, A. (2020). Investigation of infill-patterns on mechanical response of 3D printed, *Polymer Testing*, *87*.

Anoop, M. S., Senthil, P. (2020). Microscale representative volume element based numerical analysis on mechanical properties of fused deposition modelling components, *Materials Today: Proceedings*.

Casavola, C., Cazzato, A., Moramarco, V., Pappalettere, C. (2016). Orthotropic mechanical properties of fused deposition modelling parts described by classical laminate theory, *Materials & Design*, *90*, 453-458.

Chabaud, G., Castro, M., Denoual, C., Le Duigou, A. (2019). Hygromechanical properties of 3D printed continuous carbon and glass fibre reinforced polyamide composite for outdoor structural applications, *Additive Manufacturing*, 26(January), 94-105.

Chacón, J. M., Caminero, M. A., García-Plaza, E., Núñez, P. J. (2017). Additive manufacturing of PLA structures using fused deposition modelling: Effect of process parameters on mechanical properties and their optimal selection, *Materials and Design*, *124*, 143–157.

Daminabo, SC, Goel, S, Grammatikos, SA, Nezhad, HY and Thakur, VK. (2020). Fused deposition modeling-based additive manufacturing (3D printing): techniques for polymer material systems, *Materials Today Chemistry*, 16.

Demirci, S., Sezer, H. K., Özdemir, V. (2018). Topolojik Nesnelerin Fdm (Ergiyik Biriktirerek Modelleme) Yöntemiyle Üretimi : Klei Şişesi Örneği, *International Journal Of 3d Printing Technologies and Digital Industry*, 2, 76-87.

Dizon, J. R. C., Espera, A. H., Chen, Q., Advincula, R. C. (2018). Mechanical characterization of 3D-printed polymers, *Additive Manufacturing*, *20*, 44–67.

Dudescu, C., Racz, L. (2018). Effects of Raster Orientation, Infill Rate and Infill Pattern on the Mechanical Properties of 3D Printed Materials, *ACTA Universitatis Cibiniensis*, *69*(1), 23-30.

Durgun, I. (2015). FDM Layer Manufacturing Technology Applications in Vehicle Development Process. *June 2010*.

Gao, J., Wu, C., Hao, Y., Xu, X., Guo, L. (2020). Numerical simulation and experimental investigation on three-dimensional modelling of single-track geometry and temperature evolution by laser cladding, *Optics and Laser Technology*, 129.

Gonzales, D. S., Alvarez, A. G. (2018). Additive Manufacturing Feasibility study and technology demonstration, *EDA AM State of the Art & Strategic Report*, 1-187.

Jin, Y. A., Li, H., He, Y., Fu, J. Z. (2015). Quantitative analysis of surface profile in fused deposition modelling, *Additive Manufacturing*, *8*, 142–148.

Kabir, S. M. F., Mathur, K., Seyam, A. F. M. (2020). A critical review on 3D printed continuous fiber-reinforced composites: History, mechanism, materials and properties, *Composite Structures*, 232.

Kain, S., Ecker, J. V., Haider, A., Musso, M., Petutschnigg, A. (2020). Effects of the infill pattern on mechanical properties of fused layer modeling (FLM) 3D printed wood/polylactic acid (PLA) composites, *European Journal of Wood and Wood Products*, *78*(1), 65-74.

Kariz, M., Sernek, M., Obućina, M., Kuzman, M. K. (2018). Effect of wood content in FDM filament on properties of 3D printed parts, *Materials Today Communications*, *14*, 135–140.

Khan, S. F., Zakaria, H., Chong, Y. L., Saad, M. A. M., Basaruddin, K. (2018). Effect of infill on tensile and flexural strength of 3D printed PLA parts, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*,

429(1).

Lee, J. Y., An, J., Chua, C. K. (2017). Fundamentals and applications of 3D printing for novel materials, *Applied Materials Today*, *7*, 120–133.

Lubombo, C., Huneault, M. A. (2018). Effect of infill patterns on the mechanical performance of lightweight 3D-printed cellular PLA parts, *Materials Today Communications*, *17*, 214–228.

Mohamed, O. A., Masood, S. H., Bhowmik, J. L. (2015). Optimization of fused deposition modeling process parameters: a review of current research and future prospects, *Advances in Manufacturing*,3(1),42-52.

Özer, G. (2020). Eklemeli Üretim Teknolojileri Üzerine Bir Derleme. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, *9*(1), 606–621

Solomon, I. J., Sevvel, P., Gunasekaran, J. (2020). A review on the various processing parameters in FDM, *Materials Today: Proceedings*, 10-15.

Srinivasan, R., Kumar, K. N., Ibrahim, A. J., Anandu, K. V, Gurudhevan, R. (2020). Materials Today : Proceedings Impact of fused deposition process parameter (infill pattern) on the strength of PETG part, *Materials Today: Proceedings Journal*, *27*, 1801–1805.

Srinivasan, R., Rathish, R., Sivaraman, P. R., Pramod, A., Shivaganesh, G. (2020). Materials Today : Proceedings Influential analysis of fused deposition modeling process parameters on the wear behaviour of ABS parts, *Materials Today: Proceedings Journal*, *27*, 1869–1876.

Srinivasan, R., Ruban, W., Deepanraj, A., Bhuvanesh, R., Bhuvanesh, T. (2020). Materials Today : Proceedings Effect on infill density on mechanical properties of PETG part fabricated by fused deposition modelling, *Materials Today: Proceedings Journal*, *27*, 1838–1842.

Sunny, S. F., Rostami, S., Malik, A. S. (2018). Effects of fluid cavity modeling when predicting compressive strength of fdm printed nylon with varying infill pattern, *Manufacturing Science and Engineering Conference*, 1–10.

Wang, X., Jiang, M., Zhou, Z., Gou, J., Hui, D. (2017). 3D printing of polymer matrix composites: A review and prospective, *In Composites Part B: Engineering*, 110, 442–458.

Wickramasinghe, S., Do, T., Tran, P. (2020). FDM-Based 3D printing of polymer and associated composite: A review on mechanical properties, defects and treatments, *Polymers*, *12*(7), 1-42.

Wu, W., Geng, P., Li, G., Zhao, D., Zhang, H., Zhao, J. (2015). Influence of Layer Thickness and Raster Angle on the Mechanical Properties of 3D-Printed PEEK and a Comparative Mechanical Study between PEEK and ABS, *Materials (Basel)*, 8(9).

Zhang, X., Fan, W., Liu, T. (2020). Fused deposition modeling 3D printing of polyamide-based composites and its applications, *Composites Communications*, 21.

ASSURE ÖĞRETİM TASARIMI UYGULAMALARININ ÖĞRENCİLERİN AKADEMİK BAŞARISI ÜZERİNE ETKİSİ

Seda Kaya
Kırıkkale Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü/Fen Bilgisi Eğitimi ABD
ORCID ID: 0000-0001-5836-9431, *sedakarakayaaaa@gmail.com*

Hasan İnaç
Kırıkkale Üniversitesi/Eğitim Fakültesi/Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü
ORCID ID: 0000-0002-8870-5317, *hinac@kku.edu.tr*

Harun Çelik
Kırıkkale Üniversitesi/Eğitim Fakültesi/Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü
ORCID ID: 0000-0002-3096-8624, *haruncelik@kku.edu.tr*

Özet
Bu çalışmanın temel amacı; Ortaokul 7. Sınıf Fen bilimleri dersi Hücre ve Bölünmeler ünitesi Mayoz ve Mitoz Hücre Bölünmeleri konusunun öğretiminde ASSURE öğretim tasarımı yönteminin, geleneksel öğrenme yöntemine göre öğrencilerin başarılarına olan etkisinin incelenmesidir. Bu çalışmada araştırma sonuçları yarı deneysel desenden elde edilen verilere göre oluşturulmuştur. Araştırmanın bağımsız değişkenini ASSURE öğretim tasarım modeli oluştururken, bağımlı değişken akademik başarı olmuştur. Yapılan bu çalışma Kırıkkale'de bir okulda rastgele seçilen 7.sınıflara uygulanmıştır. Deney grubunda ASSURE öğretim tasarım yaklaşımı, kontrol grubunda ise öğretmen merkezli geleneksel öğretim kullanılmıştır. Deney ve kontrol gruplarına uygulama öncesinde ön test, uygulama sonrasında son test uygulanmıştır. Ön test ve son testte kullanılan ölçek 'Mayoz ve Mitoz Hücre Bölünmeleri Akademik Başarı Testi' olmuştur. Uygulama öncesi deney ve kontrol gruplarının akademik başarı puanları birbirine çok yakın bulunmuş ve aralarında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Uygulamadan sonra deney grubu öğrencilerinin akademik başarı puanları artmış ve gruplar arasında anlamlı bir farklılık gözlemlenmiştir. Çalışmanın sonucunda ASSURE öğretim tasarımı modelinin öğrencilerin akademik başarılarını arttırdığı gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fen eğitimi, Öğretim modeli, ASSURE öğretim modeli, Akademik başarı

Abstract
The main purpose of this study is; Secondary School 7th Grade Science lesson Cell and Division unit is to examine the effect of ASSURE instructional design method on students' achievement according to traditional learning method in teaching the subject of Meiosis and Mitosis Cell Division. In this study, the research results were created according to the data obtained from the quasi-experimental design. While ASSURE teaching design model was the independent variable of the research, the dependent variable was academic success. This study was applied to 7th graders randomly selected in a school in Kırıkkale. ASSURE teaching design approach was used in the experimental group and teacher-centered traditional teaching was used in the control group. A pre-test was applied to the experimental and control groups before the application and a post-test after the application. The scale used in the pre-test and post-test was "Meiosis and Mitosis Cell Division Academic Achievement Test". Before the application, the academic achievement scores of the experimental and control groups were very close to each other and no significant difference was found between them. After the application, the academic achievement scores of the experimental group students increased and a significant difference was observed between the groups. As a result of the study, it was observed that the ASSURE instructional design model increased the academic success of the students.

Keywords: Science education, Teaching model,ASSURE teaching model, Academic success

1.GİRİŞ

Bilim ve teknoloji de rekabet seviyesinin ekonomik gelişmişlikle ilişkili olması, bilim ve teknoloji alanında eleman ihtiyacını doğurmaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte bu ihtiyacın karşılanmasında, fen bilimlerine yönelik azalan ilginin arttırılarak fen bilimleri eğitim stratejileri güncellenmiş ve sürekli geliştirilmeye başlanmıştır. Stratejilerin belirlenmesinde en temel hedef fen bilimleri eğitiminde toplumsal ilginin arttırılması ve buna bağlı olarak fen bilimleri bilgisinin işlevsel açıdan olumlu sonuçlar doğurması gelmektedir (Demirci, 2017).

Eğitim programlarının uygulandığı ülkelerde, değişiklikler toplumsal açıdan etkili olmaktadır. Buna bağlı olarak Cumhuriyet'in ilanından sonra Türk eğitim sisteminde meydana gelen değişiklikler fen öğretim programında da varlığını sürdürmüştür(Küçükyılmaz, 2016).Bu kapsamda programda esas olarak tüm bireylerin fen okur-yazarı olarak yetiştirilmesi hedeflenerek programın temel amaçları sıralanmıştır. Bu amaçlar özet olarak; fen uygulamalarında temel bilgilerin kazandırılması, doğa, çevre ve insan ilişkileri bakımından bilimsel süreç becerileri ve bilimsel araştırma yaklaşımının benimsenmesi ile olası sorunlara çözüm üretebilme yetkinliği, sürdürülebilir kalkınma bilincinin gelişimi, gündelik yaşam becerileri ile fen bilgisi becerilerinin etkin kullanımı, fen bilimlerine yönelik kariyer ve girişimcilik becerilerinin kazanımı, bilimsel bilginin anlaşılması, doğal çevreye ilişkin gelişmelere yönelik ilginin geliştirilmesi, güvenli çalışma bilincinin bilimsel çalışmalarda önem kazanması ve bilimsel düşünme alışkanlıklarının kazanımı ile etik ve milli, kültürel değerlerin benimsenmesi şeklindedir (MEB, 2018).

Programda yer verilen alana özgü beceriler; bilimsel süreç becerileri, yaşam becerileri ve mühendislik ve tasarım becerileri olmak üzere üç başlıkta değerlendirilmiştir. Bilimsel süreç becerileri, gözlem, ölçme, sınıflandırma, hipotez, veri kullanımı ve modelleme, değişken kontrolü, deney gibi becerileri kapsamaktadır. Yaşam becerileri, analitik ve yaratıcı düşünme, karar verme, iletişim, ekip çalışması ve girişimcilik becerilerini kapsamaktadır. Mühendislik ve tasarım becerileri ise fen bilimlerinin teknoloji ve mühendislikle bir arada bütünleşik bir yapı göstererek, öğrencinin inovatif düşünme becerilerini geliştirmesini ve buna yönelik oluşturulan ürünün katma değer üretecek strateji ile geliştirilmesini hedefler biçimde bir gelişimi kapsamaktadır (MEB, 2018).

Fen bilimleri eğitimini yeniliklere uygun yöntem ve uygulamalar ile kalıcı ve etkin bir şekilde gerçekleştirebilmek için kullanılan, öğrenci merkezli, sorgulayıcı, yapılandırıcı gibi pek çok yaklaşım vardır. Bu yaklaşımlarda temel amaç öğrencinin sınıf içinde aktif olması, her süreci öğretmenle birlikte planlaması, konuları yaparak yaşayarak öğrenmesi, bilgiyi keşfetmesi, tartışması ve araştırması esastır. Bu noktadan hareketle araştırmada ASSURE öğretim tasarımı modeli kullanılarak işlenilen bir fen bilimleri dersinde öğrencilerin akademik başarıları araştırılmak amaçlanmıştır. ASSURE modeli, teknolojiyi ve kitle iletişim araçlarını öğrenme-öğretme ortamlarına entegre etmek için bir öğretim sistemi tasarımı olarak Heinrich ve Molenda (1996) tarafından tasarlanmıştır. Sonrasında ise Heinrich, Molenda, Russel ve Smaldino (1996) tarafından geliştirilmiş olan ve teknolojinin öğrenme ve öğretme ortamlarına entegresi için oluşturulmuş bir esnek öğretim tasarım modelidir (Aktaran: Karakış, Karamete ve Okçu, 2016; Aktaran: Özdilek, 2018). ASSURE modelinin adını oluşturan aşamalarının baş harfleridir. Bu aşamalar*; "analyzeleaners:* öğrenenlerin analizi*", "stateobjectives:* hedeflerin belirlenmesi*", "selectinstructionalmethods, media, materials:* öğretim yöntem, medya ve materyallerin seçimi*", "utilizemediaandmaterials:* medya ve materyallerin kullanımı*", "requirelearnerparticipation:* öğrenenlerin katılımı*", "evaluateandrevise:* değerlendirme ve düzenleme*"* şeklindedir.

ASSURE modeli teknolojinin öğrenim ile entegrasyonunu ve buna bağlı olarak öğrenci analizi doğrultusunda değerlendirme sonucu öğrenimin revizyonunu ön planda tutan bir model olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu noktada modelin anahtar bağlamı sistematik planlamada ve materyal seçimi ile kullanımının efektifliğinde değerlendirilmektedir (Chen ve Chung, 2011; Keleş, Erümit, Özkale, ve Aksoy, 2016).

Materyallerin hazırlanması bakımından gereken planlamanın sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilmesinde en etkili modellerden biri olan ASSURE modeli, öğrenenlerin analizinde öğrencinin karakteristik özelliklerinin belirlenmesi ile birlikte uygun materyal ve yöntemin belirlenmesini gerekli kılmaktadır

(Çetinkaya, 2017). Söz konusu gereklilikler, modele adını veren altı aşamada varlığını göstermektedir. Aşamalar, sistematik bir bütünlük kurarak öğretimde verimin arttırılmasını temel hedef olarak ortaya koymaktadır (Özdemir ve Uyangör, 2011).

Mayoz ve mitoz hücre bölünmeleri konusu üst düzey soyut düşünme becerisi gerektirdiği için öğrenciler tarafından öğrenilmesi güç ve kavram yanılgıları ile sık karşılaşılan bir konudur. Bu amaçla Mayoz ve Mitoz hücre bölünmeleri konusu ile ilgili yapılmış pek çok çalışma bulunmaktadır (Atılboz, 2004; Çağıran, 2008; Aksakal, Karataş, ve Şimşek, 2015; Alkan, Akkaya, ve Köksal, 2016). Bununla birlikte bireyselleştirilmiş eğitime yönelik gereksinimlerin ve avantajlarının araştırıldığı günümüzde; öğrencilerin analizi ön planda tutularak hedeflere uygun medya ve materyal kullanımını önemseyen ASSURE öğretim tasarımı modelinin öğrenen üzerinde etkilerinin araştırılmasının fen eğitimi literatürü bakımından önemli görülmektedir. Bu noktada yapılan çalışma;fen öğretiminde ASSURE öğretim tasarımı modelinin 7. Sınıf "Mayoz ve Mitoz Hücre Bölünmesi"konusunda öğrenci başarısı üzerine odaklanmaktadır. Çalışmada yer alan alt problemler:

- Deney ve kontrol grubuna uygulanan akademik başarı ön test ve son test sonuçları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?
- Uygulanan ASSURE modeli ile Deney grubu,akademik başarı bakımından kontrol grubuna göre anlamlı bir farklılık ortaya koymakta mıdır?

2.YÖNTEM

2.1. Araştırma Modeli

Eğitim araştırmalarında araştırmacıların gerçek deneysel çalışmalar planlaması; okul ve sınıflarda kişilerin gruplara yansız dağılımı için yeterli koşullar sağlanamadığından mümkün olmayabilir. Bu durum ortaya çıktığında grupların veya şubelerin rastgele seçimi çözüm olarak görülebilir (Özmen, 2019). Bu çalışmada ön test ve son test kontrol gruplu yarı deneysel model kullanılmıştır. Deney grubuna ASSURE öğretim modelini kullanılırken kontrol grubuna ise mevcut öğretim programının hedefleri doğrultusunda geleneksel öğretim anlayışı kullanılmıştır.

2.2. Çalışma Grubu

Araştırmada yakın ve erişilmesi kolay olan bir durumu seçerek, hız kazandırmak diğer taraftan çalışmanın içinde bulunarak yanlılığın artırma ihtimaline rağmen aynı zamanda veri grubunu gözlemleyebilme fırsatı yakalamak gibi durumlar dikkate alınarak uygun örneklem yöntemi seçilmiştir. Özellikle çok vakit gerektiren ve uzayıp giden deneylerde öncelik neden-sonuç ilişkisiolduğu için uygun örnekleme sık olarak deneysel çalışmalarda kullanılan bir örneklem yöntemidir (Özen & Gül, 2007; Yıldırım & Şimşek, 2011).Çalışma grubu,2020-2021 eğitim öğretim yılında Kırıkkale'de rastgele seçilen ortaokul 7.sınıf öğrencilerinden oluşturulmuştur. Deney ve kontrol grupları rastgele yöntemle seçilmiştir. Gruplar ve öğrenci dağılımları Tablo 1 de verilmiştir.

Tablo 4: Gruplar ve Öğrenci Dağılımları

Cinsiyet	Deney grubu	Kontrol grubu
Bayan	6	7
Erkek	9	8
Toplam	15	15

2.3. Veri Toplama Araçları

Bu çalışmada nicel veri toplama aracı kullanılmıştır.Nicel verilerin toplanması için öğrencilerin akademik başarılarını belirlemek amacıyla, 'Mayoz ve Mitoz Hücre Bölünmeleri Akademik Başarı Testi' kullanılarak veriler toplanmıştır. Bu testin amacı, ortaokul 7. sınıf öğrencilerinin "Mayoz ve Mitoz Hücre Bölünmesi" konusunda öğrencilerin önbilgilerini ölçmek, çalışmanın bitiminden sonra başarılarını görmek ve çalışmanın sonucunda 4 hafta sonra öğrencilerdeki bilgilerin kalıcılığını ölçmektir. Bu nedenle ortaokul fen bilimleri dersinde islenen "Mayoz ve Mitoz Hücre Bölünmesi'' konusunun hedefleri ve kazanımlarıTebliğler Dergisi'nden incelenmiş ve testin hazırlanmasında aşağıda belirtilen öğrencikazanımları dikkate alınmıştır.

1.Mitozun canlılar için önemini açıklar.

2. Mitozun birbirini takip eden farklı evrelerden oluştuğunu açıklar.
3.Mayozun canlılar için önemini açıklar.
4. Üreme ana hücrelerinde mayozun nasıl gerçekleştiğini model üzerinde gösterir.
5. Mayoz ve mitoz arasındaki farkları karşılaştırır.
Yukarıda belirtilen öğrenci kazanımları göz önünde bulundurularak, Milli EğitimBakanlığı'nın yayınlamış olduğu ortaokul 7. sınıf fen bilimleri ders kitabı, 5 farklı yardımcı kaynaklar incelenmiş ve toplam 25 çoktan seçmeli soru hazırlanmıştır.Testin değerlendirilmesinde çoktan seçmeli sorulara verilen doğru cevaplar 1 puan, yanlış cevaplar 0 puan ile kodlanmıştır.Sorular incelenen kitaplardan öğrencilerin yapacakları etkinlikler dikkate alınarak seçilmiştir. İçerik geçerliliği olarak tanımlanan testin geçerliliği için uzman görüşleri alınarak okulda bulunan diğer fen bilimleri öğretmenlerinin ve 2 akademisyenin görüşlerinden yararlanılmıştır. Testin güvenilirliği ise SPSS programı yardımıyla hesaplanmış olup güvenirlik katsayısı (α) 0.910 olarak tespit edilmiştir.

2.4. Verilerin Toplanması ve Analizi

Verilerin toplanması sürecinde öğretim programında belirtilen yıllık plana göre 12 ders saati içerisinde 7.sınıflara Mayoz ve Mitoz Hücre Bölünmeleri konusu alanında ASSURE öğretim modeli uygulanmıştır. Deney grubunda grup çalışmalarına yer verilerek pano ve afiş hazırlama, mayoz ve mitoz hücre bölünmelerinin belirli ve sıralı evrelerini modelleme, karışık evreleri sıralama ve bulma gibi çeşitli etkinliklere yer verilmiştir. Bunun yanı sıra öğrencilere mayoz ve mitoz hücre bölünmesinin farklılık ve benzerliklerini kavratmak amacıyla çalışma ve etkinlik kâğıtları hazırlanmış ve öğrenciler tarafından çözülmüştür. Kontrol grubunda ise mevcut öğretim programı doğrultusunda daha çok bireysel çalışmalara yer verilmiş, çalışma kâğıtları hazırlanmış ve öğrenciler tarafından çözülmüştür.

Verilerin tüm analizleri bilgisayar destekli bir istatistik programı ile gerçekleştirilmiştir.Verilerin analizine başlanmadan önce deney ve kontrol gruplarından elde edilen verilerin normal dağılım gösterip göstermediği incelenmiştir. Yapılan inceleme sonucunda verilerin normal dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Bu nedenle yapılan analizlerde parametrik istatistik testlerinde deney ve kontrol grubunun akademik başarı puanları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek için t testi kullanılmıştır(Büyüköztürk 2011).

3.Bulgular

Fen bilimleri öğretiminde ASSURE öğretim tasarımı modeli kapsamında "Mayoz ve Mitoz Hücre Bölünmesi" konusunda planlanan fen bilimleri derslerinin öğrencilerin akademik başarıları üzerine etkilerine yönelik nicel veriler ve değerlendirmeler takip eden tablolarda sınıflandırılmıştır. Bu doğrultuda ASSURE öğretim tasarımı modelinin öğrencilerin akademik başarılarına etkisini belirlemek için her iki gruba uygulama öncesi ve sonrası akademik başarı testi uygulanmıştır.

Tablo 5: Test Öncesi Gruplar Arası Akademik Başarı Farklılıkları

	Grup	N	Ortalama (X)	Standart Sapma (SD)	P
Akademik başarı	Deney grubu	15	29,60	6,010	0,170
	Kontrol grubu	15	26,67	5,381	

Uygulama öncesi başarı testinden elde edilen sonuçlara göre; grupların akademik başarı puanları birbirine çok yakın bulunmuş ancak deney (X=29,60) ve kontrol grupları (X=26,67) arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.Test öncesi gruplar arası farklılıkların özdeş olması, deney tasarımının geçerliliği için önemli bir faktördür.Tablo 2'ye göre her iki grupta deney koşullarını etkileyecek eğitim öncesi bilgi farklılığı tespit edilmemiştir.

Tablo 6: Kontrol Grubunun Ön Test ve Son Test Başarı Puanları

Akademik başarı	Test	N	Ortalama (X)	Standart Sapma (SD)
Kontrol Grubu	Ön Test	15	26,67	5,381
	Son Test	15	80,27	11,260

Kontrol grubunun ön test ve son test başarı puanları karşılaştırıldığında ön test puan ortalaması X=26,67, son test puan ortalaması ise X=80,27 olarak belirlenmiştir. Yapılan bu testlerden elde edilen söz konusu puanlardan hareketle; Tablo 3'ten de anlaşılacağı üzere geleneksel öğrenme metodu ile ders planlanan kontrol grubunda akademik başarının arttığı gözlemlenmiştir. Benzer şekilde deney grubunun ön test ve son test başarı puanları karşılaştırıldığında ön test puan ortalaması X= 29,60, son test puan ortalaması ise X= 95,47 olarak belirlenmiştir. Yapılan bu testlerden elde edilen söz konusu puanlardan hareketle; Tablo 4'ten de anlaşılacağı üzere ASSURE öğretim tasarımı modeli ile planlanan derste deney grubuna mensup öğrencilerin akademik başarılarının arttığı gözlemlenmiştir.

Tablo 7: Deney Grubunun Ön Test ve Son Test Başarı Puanları

Akademik başarı	Test	N	Ortalama (X)	Standart Sapma (SD)
Deney Grubu	Ön Test	15	29,60	6,010
	Son Test	15	95,47	5,630

Tablo 5:Test Sonrası Gruplar Arası Akademik Başarı Farklılıkları

Akademik başarı	Grup	N	Ortalama (X)	Standart Sapma (SS)	P
	Deney grubu	15	95,47	5,630	0,000
	Kontrol grubu	15	80,27	11,260	

Test sonrası deney ve kontrol gruplarının olduğu uygulamada, farklı eğitim yöntemlerinden sonra akademik başarı ortalamaları her iki grup için ölçülmüş ve karşılaştırılmıştır. Tablo 5'e göre eğitim sonrasındaki ölçümlere göre, deney grubu başarı ortalaması X= 95,47 iken, kontrol gurubu başarı ortalaması X= 80,27 olarak ve bu başarı düzeyleri arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla araştırmada incelenen ASSURE öğretim tasarımı modelinin akademik başarıyı anlamlı düzeyde arttırmasında etkili olduğu anlaşılmaktadır.

4.Tartışma ve Sonuç

Çalışmanın amaçları doğrultusunda ortaokul öğrencilerinin "Mayoz ve Mitoz Hücre Bölünmeleri" konusunda akademik başarılarına ASSURE öğretim tasarımı modelinin etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre ASSURE modelinin uygulandığı deney grubunda akademik başarının anlamlı farklılık oluşturacak düzeyde arttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte mevcut öğretim programının uygulandığı kontrol grubu ile karşılaştırıldığında ise ASSURE modeli uygulamalarının "Mayoz ve Mitoz Hücre Bölünmeleri" konusunda akademik başarıyı önemli ölçüde artırdığı görülmüştür. Dolayısıyla ASSURE modeli uygulamaları, araştırmada sözü edilen konu üzerinde mevcut öğretim programına göre yapılan uygulamalara üstünlük sağladığı söylenebilir.

Araştırmada elde edilen sonuçlar; ASSURE metodunun uygulanmasında gerekli uygulama aşamaları eğitim ihtiyaçlarına uygun olarak oluşturulmuş olmasından kaynaklanabilir. Çünkü eğitim ihtiyacının zaruri kıldığı işleyiş ve ihtiyaçların öğrenenlerin somut verileri ile uyumlu olarak tespit edilerek,

öğretenin geleneksel öğretme stilinin dışında, öğrenme sürecinin etkinliğini ve kalıcılığını arttırma odaklı metot seçimi ile akademik başarı üzerinde pozitif bir korelasyon oluşturulmuş olması, öğrenenin öğrenme isteği üzerinde de kalıcı etkilere yol açabilir bir görünüm arz etmesi bakımından ifade edilebilir. ASSURE modeli konusunda yapılan çalışmalarda öğrenenlerin performansları ya da ürünleri üzerinde olumlu etkileri olduğu görülmektedir (Çetinkaya, 2017; Durak, 2009; Karakış, Karamete, ve Okçu,2016; Gündüzalp, ve Yıldız, 2020).

5. Öneriler

ASSURE öğretim tasarımı modeli farklı disiplinler içinde uygun bir model olabilir. Özdemir ve Uyangir (2011), ASSURE öğretim tasarımı modelini matematik eğitimi için uygun olup olmama açısından incelemiş ve modellerin öne çıkan özellikleri ortaya çıkarılarak matematik eğitimi için bir öğretim tasarımı modeli olarak önermiştir.Dolayısıyla ASSURE farklı öğretim kademelerinde ve disiplinlerde uygulanabileceği görülmektedir.

ASSURE metodu ile verili konu üzerinden gerçekleştirilen akademik başarı etkisi temel bulguları göz önünde bulundurulduğunda geleneksel öğrenme yaklaşımlarının, modern yaklaşımlar ile gerçekleştirilen öğrenme sistematiğinden farklı sonuçlar ve etkiler ortaya koyduğunu söylemek mümkündür. Bu bakımdan bilginin işlenmesi ve elde edilen bilginin aktif katılımlı bir süreç içinde hayatla bağlarının koparılmaksızın öğrencinin işbirliği ile öğrenme sürecinin etkin hale getirilmesini içeren çalışmalar ile öğrenme deneyimlerinin arttırılması günümüzün teknolojik koşullarında bir öğrenim tercihinden ziyade bir zaruri ihtiyaç olarak değerlendirilmeli ve buna mukabil daha iyi işleyişi göz önünde bulundurulan farklı öğrenme yöntem ve yaklaşımları da deneyime açık hale getirilmelidir.

Kaynakça

Aksakal, M., Karataş, A., & Şimşek, C. L. (2015). Mayoz Bölünme Konusunun Öğretiminde ModellerleZenginleştirilmiş Laboratuvar Ortamının Akademik Başarıya Etkisi. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi (37)*, 49-60.

Alkan, İ., Akkaya, G., & Köksal, M. S. (2016). Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Mitoz ve Mayoz Bölünmeye İlişkin Kavram Yanılgılarının Model.*Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 35(2), 121-135.

Atılboz, N. G. (2004). Lise 1. Sınıf Öğrencilerinin Mitoz ve Mayoz Bölünme Konuları İle İlgili Anlama Düzeyleri ve Kavram Yanılgıları. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi (3)*, 147-157.

Büyüköztürk, Ş. (2011). *Sosyal Bilimler İçin Veri Analizi El Kitabı: İstatistik, Araştırma Deseni, SPSS Uygulamaları ve Yorum*. 13. Baskı, Ankara: PegemAkedemi.

Chen, C. Y.,ve Chung, W. L. (2011). Research on thelearningeffects of multimediaassistedinstruction on Mandarin vocabularyforVietnamesestudents: A preliminarystudyinvolving e-learningsystem. EducationalResearchandReviews, 6(17), 919-92.

Çağıran, İ. (2008). *İlköğretim 8. sınıflarda mitoz ve mayoz hücre bölünmeleri konusunun öğretiminde bilgisayar destekli öğretim yönteminin öğrenci başarısına etkisi*, Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, Ankara.

Çetinkaya, M. (2017). Fen Eğitiminde Modelleme Temelinde Düzenlenen Kişiselleştirilmiş Harmanlanmış Öğrenme Ortamlarının Başarıya Etkisi. *Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, s. 269-278.

Demirci, B. (2017). Fen Eğitimi Politikası. M. P. Güler içinde, *Fen Bilimleri Öğretimi* (s. 1-7). Ankara: Pegem Akademi.

Durak, G. (2009). *Algoritma Konusunda Geliştirilen "Programlama Mantığı Öğretici-P.M.Ö" Yazılımının Öğrenci başarısına Etkisi*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir

Gündüzalp, C. ve Yıldız, E.P. (2020). ASSURE Modeli İle Tasarlanmış Bir Dersin Öğrencilerin Bilgi İletişim Teknolojileri Kullanımına Yönelik Tutum ve Bilgisayar Kaygı Düzeylerine Etkisi, *EKEV AKADEMİ DERGİSİ, 24*(83), 107-136.

Heinich, R. Molenda, M. Russel, J.D. ve Smaldino, S.E. (1996). *Instructional Media and Technologies for Learning*. Fifth Edition, New Jersey: PrinticeHall, Inc.

Karakış, H.,Karamete, A. ve Okçu, A. (2016). TheEffects of a Computer-AssistedTeachingMaterial, DesignedAccordingtothe ASSURE Instructional Design andthe ARCS Model of Motivation, on Students' AchievementLevels in a MathematicsLessonandTheirResultingAttitudes. *EuropeanJournal of ContemporaryEducation, 15*(1), 105-113. DOI: 10.13187/ejced.2016.15.105

Keleş, E.,Erümit, S. F., Özkale, A. ve Aksoy, N. (2016). A RoadmapforInstructionalDesigners: A Comparison of Instructional Design Models. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 105-139

Küçükyılmaz, E. A. (2016). Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı. Ş. Anagün, & N. Duban içinde, *Fen Bilimleri Öğretimi* (s. 59-86). Ankara: Anı Yayıncılık.

MEB. (2018). *Fen Bilimleri Dersi (İlkokul ve Ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. Sınıflar).* Ankara: T.C. Milli Eğitim Bakanlığı.

Özdemir, E. Ve Uyangör, S. M. (2011). Matematik Eğitimi için bir Öğretim Tasarımı Modeli .*e-Journal of New World Sciences Academy*, 1786-1796.

Özdilek, Z. (2018). ASSURE Modeline Dayalı Fen Öğretimi. O. Karamustafaoğlu, Ö. Tezel ve U. Sarı içinde, *Güncel Yaklaşım ve Yöntemlerle Etkinlik Destekli Fen Öğretimi* (s. 402-423). Ankara: Pegem Akademi.

Özen, Y. ve Gül, A. (2007). Sosyal ve eğitim bilimleri araştırmalarında evren-örneklem sorunu. *Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Dergisi 15*, 394-422.

Özmen, H. (2019). *Deneysel Araştırma Yöntemi*. O. Karamustafaoğlu ve H. Özmen (Ed.), Eğitimde Araştırma Yöntemleri İçinde (197-227). Ankara: Pegem Akademi.

Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2011). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri*, 8. Baskı, Ankara: Seçkin Yayıncılık.

DÜŞÜK SEVİYELİ SANAL MAKİNE PROJESİ İLE DERLEYİCİ TASARIM ÖRNEĞİNİN GERÇEKLEMESİ

Yahya GEDİK
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilişim Sistemleri Mühendisliği
yahyagedikyg@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9014-251X

Serdar SOLAK
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilişim Sistemleri Mühendisliği
serdars@kocaeli.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-1081-1598

Özet

Bilgi ve iletişim teknolojilerinin yaygınlaşmasıyla beraber kullanılan akıllı cihaz ve kullanıcı sayısı her geçen gün artmaktadır. Bu cihazları akıllı yapan üzerinde kullanılan yazılımlardır. Yazılımlar bilgisayar programcıları tarafından genellikle konuşma diline yakın ifadelerle yazılmaktadır. Yazılan bu programların bilgisayarlar veya akıllı cihazlar tarafından anlaşılması için düşük seviyeli bilgisayar koduna çevirmek amacıyla Derleyiciler kullanılmaktadır. Derleyiciler, geçmişten günümüze kadar çok fazla güncelleme geçirmiş ve yeni özellikler eklenmiştir. Bu özellikler sayesinde, insan hatalarını düzeltebilen ve ilgili platforma ait bilgisayar kodlarını optimize ederek hızlandıran uygulamalar haline gelmiştir. Derleyiciler, geliştirildiği programlama diline ait sınırları zorladığından çok fazla soyutlama katmanı gerektiren uygulamalardır. Bu katmanlar derleyicinin parçalara ayrılmasını sağlayarak karmaşayı azaltmayı hedeflemektedir. Bu kapsamda, derleyici tasarımında oluşacak sorunları çözmeyi amaçlayan düşük seviyeli sanal makine (Low Level Virtual Machine - LLVM) derleyici alt yapı projesi geliştirilmiştir. LLVM projesi sayesinde, geliştirilen derleyicilerin her platform ve işletim sistemi için tekrar yazılma gereksinimi ortadan kaldırılmıştır. LLVM projesi kullanılarak gerçekleştirilen derleyicilerde, ara derleme sunucusu bulunmaktadır. Derleyici, bu ara derleme sunucusu sayesinde istenilen işletim sistemi ve platformda çalıştırılabilir ve yüksek seviyeli programlama dillerine göre analizi kolay olduğundan çok daha fazla optimizasyon işlemi gerçekleştirmektedir. LLVM projesi ile gerçekleştirilen derleyiciler, JIT (Just in Time) mantığı ile çalıştığından hızlı çalışabilen programlar oluşturmayı sağlamaktadır. Çalışmada, LLVM projesi ile derleyici tasarım örneği gerçekleştirilmiş olup elde edilen deneyimler sunulmaktadır. Sonuç olarak, derleyici tasarımı için hızlı, soyutlama olanağı iyi olan ve yüksek seviyeli, C++, C# veya Java gibi bir dil kullanmak gerekmektedir. Ayrıca, söz dizimi analizinde Flex, Bison ve ANTLR gibi gelişmiş araçlar kullanmak derleyicinin davranışını tahmin edebilmek için önem arz etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yazılım, Programlama Dilleri, Derleyici Tasarımı, LLVM Projesi

THE EXAMPLE OF COMPILER DESIGN WITH LOW LEVEL VIRTUAL MACHINE PROJECT

Abstract

The number of smart devices and users used is increasing day by day with the spread of information and communication technologies. It is the software used on these devices that make them smart. Software are computer programs that enable us to use the hardware features of computers or smart devices effectively. Programs are usually made by computer programmers with expressions close to spoken language. The compilers are used to convert these written programs into low-level computer code so that they can be understood by computers or smart devices. The compilers have had a lot of updates and new features in recent years. Thanks to these features, they have become applications that can correct programmers' errors and speed up the computer codes of the relevant platform by optimizing them. The compilers are applications that contain a lot of abstraction layers that aim to reduce clutter by allowing the compiler to be divided into parts. In this context, The Low Level Virtual Machine (LLVM) compiler infrastructure project has been developed, which aims to solve problems that may arise in compiler design. Thanks to this project, the developed compilers don't need to be rewritten for each platform and operating system. The compilers implemented using the LLVM project have an intermediate compiler

server. The compiler can be run on any operating system and platform thanks to this intermediate compiler server, and it performs much more optimization processes as it is easy to analyze compared to high-level programming languages. The compilers realized with the LLVM project allow to create programs that can run quickly because they work as Just in Time (JIT). In this paper, the example of compiler design has been realized with the LLVM project and experimental results are presented. As a result, it is necessary to use a fast, abstractionable and high-level language such as C ++, C # or Java for compiler design. It is also important to use advanced tools such as Flex, Bison, and ANTLR to predict compiler behavior in syntax analysis.

Keywords: Software, Programming Language, Compiler Design, LLVM Project

1. GİRİŞ

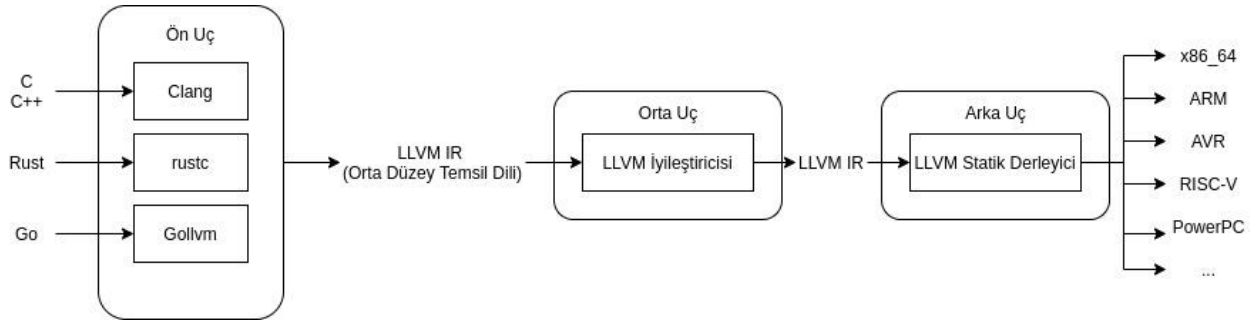
Son yıllarda yüksek seviyeli programlama dillerinde bir artış görülmektedir. Bu artışın sebebi farklı işler için farklı kapasiteye sahip programlama dillerine olan ihtiyaçtan kaynaklanmaktadır. Bu diller genelde bir takım derleyici içermektedirler. Yüksek seviyeli diller kullanılarak yazılan bu uygulamaların kararlı ve yüksek performanslı çalışması derleyicinin kaynak kod üzerine uygulayacağı iyileştirmeler ve hata düzeltmelerine bağlıdır. Bu yüzden yüksek performanslı, kararlı ve optimize edilebilen derleyiciler geliştirmek önemlidir.

Derleyici tasarlanmasına ait çalışmalar yıllar öncesine dayanmasına karşın son yıllarda da literatürde çok sayıda çalışmaların yapıldığı görülmektedir [1-8]. 2018 yılında Simon Moll ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, SX-Aurora yüksek performanslı vektör işlemcisinin var olan kapalı kaynak kodlu derleyicisi yerine düşük seviyeli sanal makine (Low Level Virtual Machine, LLVM) kullanılarak geliştirilmiş bir derleyici fizibilitesi test edilmiştir [1]. 2018 yılında Nikita Kataev tarafından yapılan çalışmada LLVM ile program yapısının incelenmesi gerçekleştirilmiş ve paralelleştirme işlemini uygulamaya çalışılmıştır [2]. 2020 yılında Andrew Litteken ve arkadaşları tarafından yapılan bir başka çalışmada ise Kuantum bilgisayarlarda kullanılan kaynak tahmini programları oluşturmak için LLVM tabanlı bir derleyici oluşturulmuştur. Yapmış oldukları çalışma da LLVM altyapısının esnekliği hakkında kanıtlar ve örnekler sunulmaktadır [3].

Bildiri kapsamında gerçekleştirilen çalışmada, LLVM projesi kullanarak yüksek performanslı, kullanıcı hatalarını düzelten ve iyileştirmeler gerçekleştirebilen bir soyut derleyici altyapısı önerilmektedir. Ayrıca bu derleyici altyapısı çapraz platform derleme olanağı sunarak farklı işletim sistemleri ve platformları üzerinde çalışabilmektedir. Makalenin ikinci bölümünde kullanılan geliştirme yöntemi, üçüncü bölümde deneysel çalışmalar ve son bölümde elde edilen sonuçlar sunulmaktadır.

2. YÖNTEM

Bildiri kapsamında gerçekleştirilen derleyici örneğini oluşturmak için .NET Core derleyicisi ve C# programlama dili tercih edilmiştir. Bu ikili, derleyicinin farklı işletim sistemleri üstünde aynı şekilde çalışacağını garanti etmektedir. Derleyicinin kendisi için ANTLR ve LLVM tercih edilmiştir. ANTLR sözcüksel ve söz dizimsel analiz için LL(*) gramer notasyonunu kullanan modern bir araçtır. Bu aracı kullanmak obje kodu derleme aşamasından önce söz dizimine bulunan kullanıcı hatalarının fark edilmesini ve gerekliyse derlemenin iptal edilmesini sağlayan aşamadır. LLVM, derleyicinin esas kod oluşturmak için kullanılan aracıdır. Bu araç, 2003 yılından bu yana geliştirilmekte olan bir derleyici altyapısı olarak ön plana çıkmaktadır. LLVM kullanmak derleyiciye doğal olarak çapraz platform desteği ve kod iyileştirme desteği sunmaktadır. Şekil 1'de LLVM projesi kullanan derleyiciler için çalışma diyagramı sunulmaktadır.



Şekil 1. LLVM Tabanlı Derleyici Çalışma Diyagramı

LLVM projesi kullanarak derleyici tasarım örneği gerçekleştirirken aşağıda alt bölümler halinde sunulan işlemler sırayla yapılmıştır.

2.1. Proje Hazırlığı

Derleyiciler çok büyük uygulamalar olduğundan, katmanlı mimari yapısı kurallarına uyarak parçalara ayırmak derleyicinin karmaşıklığını azaltmak gerekmektedir. Bu kapsamda, derleyici tasarımı maddeler halinde sunulan yedi ana projeden oluşmaktadır.

1. Gama: Derleyici giriş noktası
2. Gama.Preprocess: Ön işleyici
3. Gama.Antlr: Sözcüksel ve Söz dizimsel Analizci
4. Gama.Compiler: Obje kodu oluşturucu
5. Gama.Types: Standard türler
6. Gama.Error: Derleyici hataları
7. Gama.Interop: LLVM iletişim aracısı

2.1.1. ANTLR

Derleyicide kullanılacak olan sözcüksel ve söz dizimsel analiz için kullanılacak olan Antlr aracının kurulumu Nuget yada ‘dotnet’ sistem aracıyla gerçekleştirilir:

$ dotnet add package Antlr4.Runtime.Standard

Bu, projede kullanacağımız analiz fonksiyonlarını içeren kütüphaneyi kuracaktır. Antlr normalde Java ile yazılmış bir araçtır. Bu araç Java haricinde C++, C#, Python gibi programlama dilleri içinde çıktı sağlamaktadır.

2.1.2. LLVM

LLVM projesi normalde C++ için yazılmış bir kütüphanedir. Bu kütüphaneyi C# ile kullanabilmek için LLVMSharp adlı kütüphanenin kullanılması gereklidir. Bu kütüphanenin kurulumu Nuget yada ‘dotnet’ sistem aracıyla gerçekleştirilir:

$ dotnet add package LLVMSharp --version 10.0.0-beta

Bu kütüphanenin 10.0 beta sürümü kullanılmıştır. Bu sürüm her ne kadar daha az stabil olsa da performans iyileştirmeleri ve hata düzeltmeleri içerir.

LLVM normalde bir C++ projesi olduğundan dolayı fonksiyon ağırlıklı programlama metodları içerir. Bunun önüne geçip C fonksiyonlarına olan yüklenmeyi azaltmak için Gama.Interop projesi oluşturulmuştur.

2.2. Sözcüksel ve Söz dizimsel Analiz

Antlr aracı ile LL(*) notasyonuna sahip gramerler derlenip hedef dil için analizciler oluşturulabilir. LL(*) notasyonunun avantajları:

- Yazımı & anlaması kolay
- Soldan sağa tarama gerçekleştirir
- Sonsuz ileri ve geri bakma (lookahead, lookbehind)
- Modüler

```
s : ID
  | ID '=' expr
  | 'unsigned'* 'int' ID
  | 'unsigned'* ID ID
  ;
```

Şekil 2. Basit bir LL(*) Kuralı

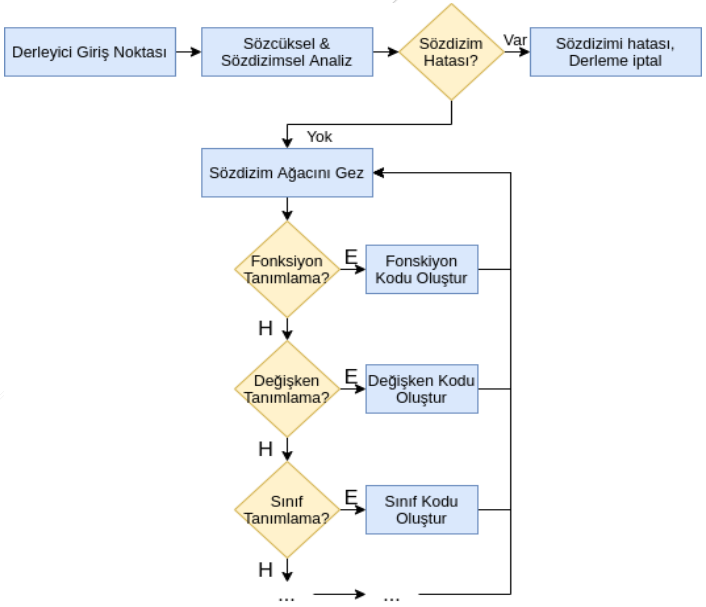
Şekil 2'de LL(*) kuralına ait basit bir örnek sunulmaktadır. Hazırlanan gramerin hedef dile derlenebilmesi için bir komut betiği kullanılması gereklidir:

$ java -jar antlr.jar Grammar.g4 -visitor

Bu betik Antlr java aracını kullanarak hedef dile analizcileri oluşturur, ek olarak misafir desenleri için dosyalar oluşturur.

2.3. Derleyici Akışı

Derleyici yüksek seviyeli programlama dilinde yazılmış olan kaynak kodlarını girdi olarak alıp sözcüksel analiz aşamasından geçirmektedir. Şekil 3'te derleyici akışını gösteren, akış şeması sunulmaktadır.



Şekil 3. Derleyici Akış Şeması

Bu aşamada analizci girdiyi kelimelere, noktalama işaretlerine, sayılara vb. küçük parçalara ayırır. Bu parçalara 'Token' denilir. Bu tokenler daha sonra söz dizimsel analiz birimine gönderilir. Bu birimde tokenler dizimlerine bağlı olarak gruplandırılır, dizim hataları kontrol edilir ve gerekliyse derleme durdurulmaktadır. Bu gruplanan tokenler daha sonra AST (Abstract Syntax Tree, Sanal Söz dizim Ağacı) denilen bir yapıya dönüştürülür. Derleyici bu yapı üstünde baştan aşağıya doğru tarama gerçekleştirir ve karşılaştığı derleme işlemlerini gerçekleştirir. Bu işlemler 'for' betikleri, 'if' betikleri, değişken tanımlamaları veya sınıf tanımlamaları olabilir. Obje kodu oluşturma aşaması

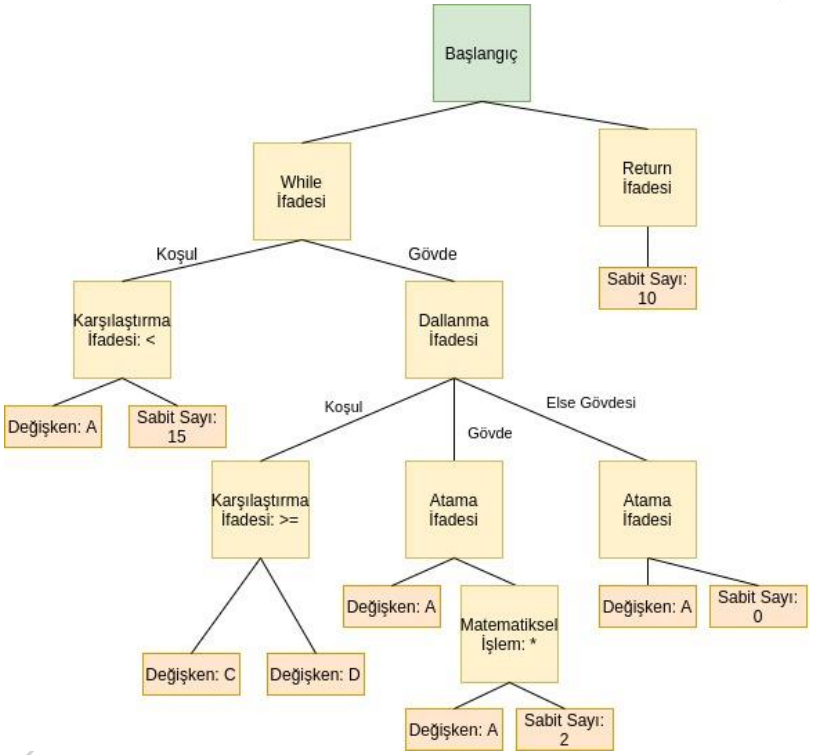
tamamlandığında oluşturulan çıktı dosya istenilen bağlayıcı ile sistem kütüphanelerine bağlanarak çalıştırılabilir dosya oluşturulmaktadır.

2.4. Sanal Söz dizim Ağacı

Sanal söz dizim ağaçları gramer bakımından incelenmiş kaynak dosyasındaki grupların bulunduğu bir ağaç yapısıdır. Bu yapı üzerinde çalışması kolay ve hızlı olduğundan genelde derleyiciler ve betik dilleri tarafından kullanılmaktadır. Derleyicinin bu ağaç üstünde gezebilmesi için başlangıç düğümünün altındaki düğümleri soldan sağa doğru inceleyerek derlemesi gerekmektedir. Eğer bir düğümün alt düğümleri bulunuyorsa öncelikle alt düğümlerin derlenmesi gereklidir.

Antlr bu ağaç yapısını gezebilmek için Misafir (Visitor) deseni kullanmaktadır. Bu desende Antlr o anki düğümü derleyici yerine gezerek gerekli olan soyut ve sanal çağrıları gerçekleştirir.

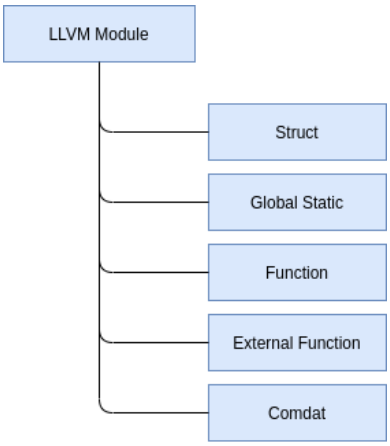
Derleyici Antlr tarafından oluşturulmuş 'GrammarBaseVisitor' sınıfını devralarak sanal çağrıları değiştirebilmektedir. Antlr bu değişmiş metodlara çağrılar göndermekte ve içeriğe bağlı olarak derlemeyi gerçekleştirebilmektedir. Şekil 4'te sanal söz dizim ağacı örneği sunulmaktadır.



Şekil 4. Sanal Söz dizim Ağacı (AST) Örneği

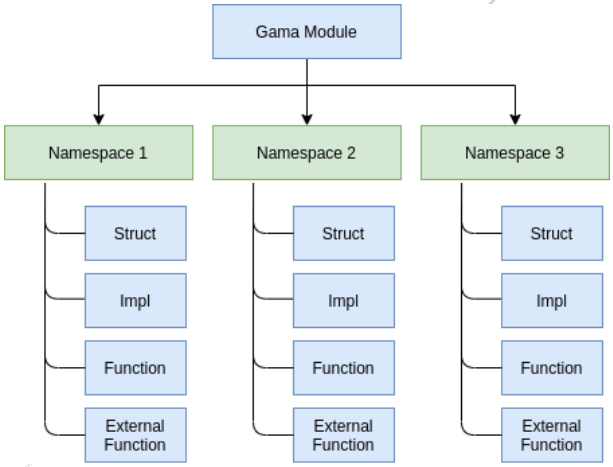
2.5. Obje Kodu Oluşturma

Çalışmada LLVM kullanarak obje kodu oluşturmak için LLVM C bağlantılarını kullanmak gereklidir. Bu kütüphane fonksiyon ağırlıklı olduğu için çok fazla çağrı gerçekleştirecek ve derleyicinin performansını azaltacaktır. Bunun yerine bir aracı kütüphane (Gama.Interop) oluşturup çağrıları bu kütüphane üstünden gerçekleştirmek avantajlı olamaktadır. Örneğin bir kod bloğunun ismini almak için `llvm::BasicBlock::getName(...)` metodunu kullanmak gerekmektedir. Her ne kadar C++ derleyicisi bu metodu optimize edip kaynak içine entegre etse de C#'ta bu özelliği kullanmak mümkün değildir. Bunun yerine 'GamaBlock' isimli bir sınıfı aracı proje içinde oluşturup bloğun ismini hafızada tutarak daha sonra fonksiyon kullanmadan elde etmek mümkün olmaktadır.



Şekil 5. LLVM Modül Yapısı

Şekil 5'te LLVM modül yapısı sunulmaktadır. LLVM tüm obje kodunu 'Module' adlı bir yapının altında birleştirir. Bu yapıda hiyerarşi yoktur, tüm fonksiyonlar, global değişkenler ve sınıflar aynı bölümde bulunur ve yönetmek zordur. Bunun yerine namespace (Alan Adı) tabanlı hiyerarşik bir sistem oluşturmak daha sonra derleyici içinde oluşabilecek karmaşayı azaltacaktır.



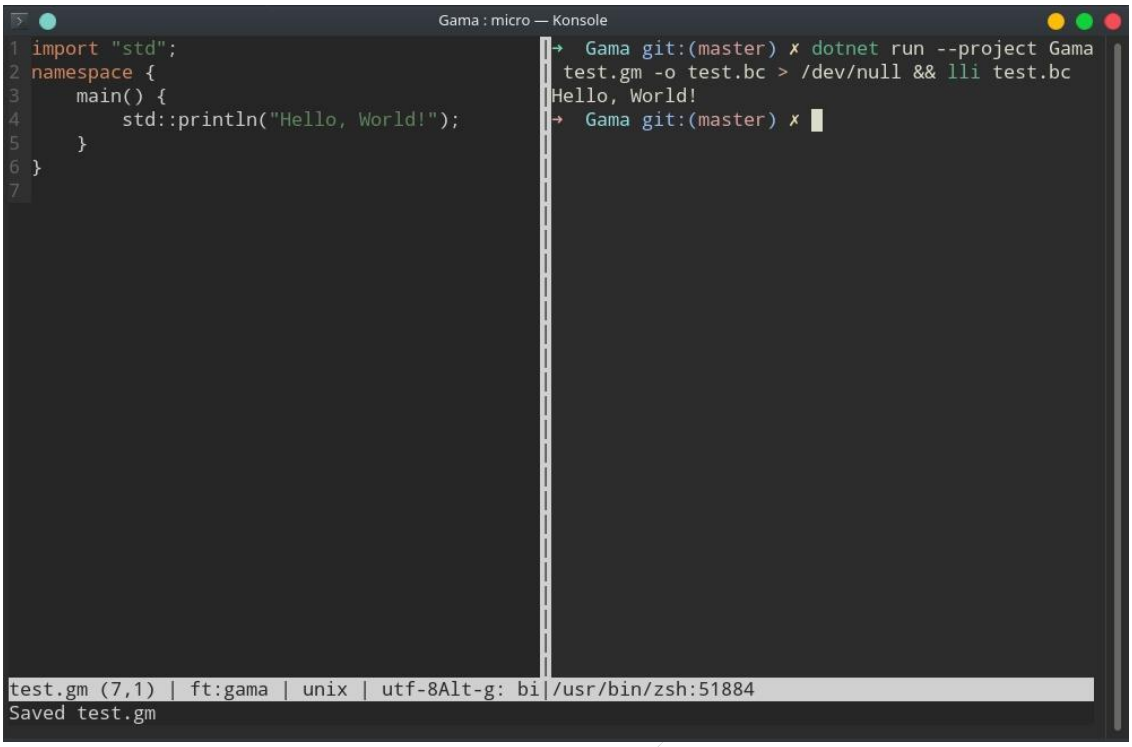
Şekil 6. Hiyerarşik Modül Yapısı

Şekil 6'da gösterilen hiyerarşik modül yapısı çalışma kapsamında gerçekleştirilen derleyici örneğinde kullanılmıştır. Bu yapı, katı alan adları, ayrı sınıf tanımlamaları ve açıklamaları, global statiklerin olmaması ve comdatların olmaması özelliklerini içermektedir. Bu özellikler hem performans hem de yönetilebilirlik açısından önem arz etmektedir. Katı alan adı sistemi, program tek fonksiyon olacaksa bile her tanımlamanın kesinlikle bir alan adının altında olmasını zorunlu kılmaktadır. Bu zorunluluk sayesinde aynı isimli fonksiyon, sınıf tanımlamaları ve dış fonksiyon tanımlamaları farklı alan adları altında çakışmadan bulunabilmektedir. Ayrı sınıf tanımlamaları ve açıklamaları sayesinde var olan sınıflara eklemeler yapılabilir. Örneğin var olan 'Vector' sınıfına başka bir kütüphane tarafından yeni fonksiyonlar eklenebilmektedir. Global statiklerin olmaması çoklu işleç kullanan uygulamalar için avantaj sağlamaktadır. İşleçler global değişkenler yerine içerik sınıflarını Mutexler ile paylaşıp birbirlerinden haberdar olmaktadır. Bu işlem hem daha yüksek performans hem de daha fazla güvenlik ve pratiklik sağlamaktadır.

3. DENEYSEL ÇALIŞMA

Çalışma kapsamında oluşturulan derleyicinin kararlılığını ve performansını belirlemek için birtakım testler gerçekleştirilmiştir. Tüm testler Linux 5.9 çekirdeği içinde ve aynı komut betiği kullanılarak

derlenmiştir. Derleme işlemi için; "$ gamac -c input.gm -o output.bc && lli output.bc" kullanılmaktadır. Geliştirilen derleyiciye ait örnek derleme işlemi Şekil 7'de sunulmaktadır



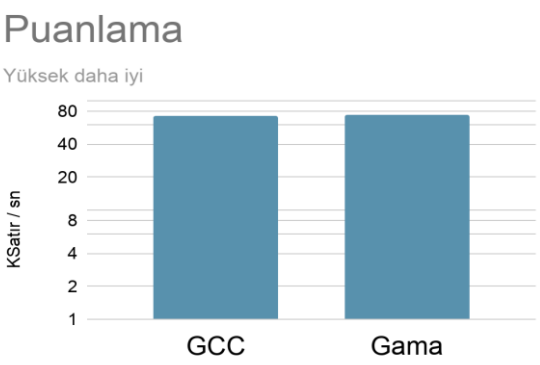
Şekil 7. Geliştirilen derleyici ile örnek kod derleme işlemi

Geliştirilen derleyici kullanılarak, örnek kod yazımı ve sınıf kullanımı aşağıda verilen örnekte sunulmaktadır.

Örnek Kodlar:

```
import "std";
import "math";
namespace {
    using namespace std;
    using namespace std::math::spatial;
    main() {
        let v1 : vector2f;
        let v2 : vector2f;
        v1.x = 10.0;
        v2.y = 20.0;
        printf("%f\n", v1.x + v2.y);
    }
}
```

Derleyici performans testi için, GCC (GNU C Compiler, GNU C Derleyicisi) ve geliştirilen derleyici karşılaştırılmıştır. Derleyiciler saniyede derledikleri satır başına puanlandırılmıştır. Şekil 8' iki derleyicini performans testini göstermektedir. Testlerde iki derleyicide saniyede yaklaşık 74.000 satır derlemeyi başarmıştır. Geliştirilen derleyici için bu hız daha fazla optimizasyon ile artırılabilmektedir.



Şekil 8. Derleyici Performans Karşılaştırması

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yüksek seviyeli programlama dilleri kullanılarak yazılan dillerin kararlı ve hızlı çalışabilmesi için derleyici tasarımı oldukça dikkat edilmesi gereken konular arasındadır. Ayrıca derleyici sürelerini azaltmak üretimde devamlılığı sağlayan en büyük faktörlerden biri olarak karşılaşılmaktadır. Literatürde, derleyici tasarımlarına ait performans iyileştirme çalışmaları yaygın olarak devam etmektedir. Bildiri çalışması kapsamında düşük seviyeli sanal makine projesi kullanılarak örnek bir derleyici tasarımı gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen derleyici performans testleri ve kararlılık bakımından oldukça yeterli sonuçlar vermektedir. Antlr araç takımı sayesinde derleyici, söz dizimini doğru bir şekilde kontrol etmekte ve kullanıcıya yararlı hata mesajları hızlı bir şekilde göstermektedir. LLVM projesi sayesinde kod iyileştirmeleri bulunmaktadır. Gerçekleştirilen soyut altyapı sayesinde derleyiciye istenildiği zaman özellikler eklenip çıkarılabilmektedir. Çapraz platform desteği sayesinde, fiziksel bir hedef platform bulunmasa da, ilgili platformun standart kütüphaneleri ile derleme yapılabilmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Moll, S., Kurtenacker, M., & Hack, S. (2020). Potential of LLVM for SX-Aurora. In Sustained Simulation Performance 2018 and 2019 (pp. 111-121). Springer, Cham.
[2] Kataev, N. (2018, September). Application of the LLVM Compiler Infrastructure to the Program Analysis in SAPFOR. In Russian Supercomputing Days (pp. 487-499). Springer, Cham.
[3] Litteken, A., Fan, Y. C., Singh, D., Martonosi, M. R., & Chong, F. (2020). An updated LLVM-based quantum research compiler with further OpenQASM support. Quantum Science and Technology.
[4] Leary, C. D., & Springer IV, R. C. (2017). LLVM FUSING KERNEL COMPILER DESIGN.
[5] Nguyen, A. (2019). Compiler design and implementation in OCaml with LLVM framework.
[6] Miletić, V., Páll, S., & Gräter, F. (2017). LLVM AMDGPU for High Performance Computing: are we competitive yet?
[7] Özen, G., Atzeni, S., Wolfe, M., Southwell, A., & Klimowicz, G. (2018, November). OpenMP GPU offload in Flang and LLVM. In 2018 IEEE/ACM 5th Workshop on the LLVM Compiler Infrastructure in HPC (LLVM-HPC) (pp. 1-9). IEEE.
[8] Fornaia, A., Scafiti, S., & Tramontana, E. (2019, June). JSCAN: Designing an easy to use LLVM-based Static Analysis Framework. In 2019 IEEE 28th International Conference on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises (WETICE) (pp. 237-242). IEEE.

HİDROJEN-BROM AKIŞ PİLİ İÇİN BİYOKÜTLE KAYNAKLI KARBON KATALİZÖR SENTEZİ

Burcu KIRTOKLU*
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü
**burcukirtoklu@gmail.com*

Büşranur DUMAN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü
busranrduman@gmail.com

Berker FIÇICILAR
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye
berker.ficicilar@omu.edu.tr

Özet
Uzun vadede çevre ile ilgili artan endişeler ve değişen politikalar yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını zorunlu kılmaktadır. Yenilenebilir enerjinin verimliliğinin artırılması ve kullanımının üst düzeye çıkarılması için elektriksel enerji depolama (EES) sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.Kimyasal yöntemle elektriksel enerji depolama yöntemlerinden biri olan H_2/Br_2 akış pilleri hem elektriksel enerji üretmesi hem de verimli olarak elektriksel enerjiyi depolayabilmesinden ötürü gelişmiş ve yenilikçi elektriksel enerji depolama sistemleridir.Hidrojen-brom akış pili hücresinde anot tarafında gerçekleşen hidrojen oksidasyon reaksiyonu (HOR) genel olarak yüksek aktiviteli (platin) katalizörlerle katalizlenmektedir. Katot tarafında gerçekleşen brom indirgenme reaksiyonu (BİR) ise platin bazlı katalizör yüzeyinde performansının iyi olması ve yüksek güç yoğunluğunun elde edilmesine rağmen doğrudan karbon yapılar tarafından da tetiklenmektedir. Bu çalışmada biyokütleden elde edilen karbon yapıların H_2/Br_2 akış pillerinde katot brom indirgenme(deşarj) ve yükseltgenme (şarj) tepkimelerine yönelik katalitik aktivitesi araştırılmaktadır.

Yenilenebilir tek karbon kaynağı olan biyokütle, piroliz yöntemiyle biyokömürlere dönüştürülerek karbon yapılı katalizör veya katalizör desteği olarak kullanılabilmektedir. Piroliz işlemi sırasında yüksek sıcaklıkta ve havasız ortamda biyokütleninbozunması sağlanır. Piroliz işlemi sonrası elde edilen ürünlerin türü ve miktarı; biyokütlenin cinsine, piroliz sıcaklığına ve piroliz süresine bağlıdır. Bu çalışmada biyokütle kaynağı olarak fındık kabuğu seçilmiştir. Fındık kabuğu 700, 800 ve 900ºC olmak üzere üç farklı sıcaklıkta piroliz işlemine tabi tutulmuştur. Farklı piroliz sıcaklıklarından elde edilen biyokömürün yapısal karakterizasyonu için XRD, SEM-EDS ve TGA kullanılmıştır. Biyokömürlerin elektrokimyasal karakterizasyonu için ise çevrimsel voltametri (CV) tekniği kullanılmıştır. Çalışmada elde edilen bulgular ve tartışma kongrede sunulacaktır.

Anahtar Kelimeler: H_2/Br_2 akış pilleri, biyokütle, piroliz,

Abstract
In the long term, increasing concerns about the environment and changing energy policies put the use of renewable energy resources in the foreground. Electrical energy storage (EES) systems are needed to increase the efficiency of renewable energy and to maximize its use. H_2/Br_2 redox flow battery systems, which are one of the suitable technologies for electrical energy storage by chemical method, are advanced and innovative EES systems due to their ability to store electrical energy efficiently and with high performance. Hydrogen oxidation and evolution reactions (HOR/HER) taking place on the anode side in the hydrogen-bromine flow cell are generally catalyzed by highly active platinum-based catalysts. Bromine reduction and oxidation reactions (BRR/BOR) taking place on the cathode side, on the other hand, show good performance on the platinum based catalyst surface, but can also be efficiently carried out by low cost carbon structures. In this work, the catalytic activities of carbon structures obtained from biomass in H_2/Br_2 flow cell cathode bromine reduction (discharge mode) and oxidation (charge mode) reactions are investigated.

Biomass, which is the only renewable natural carbon source, can be converted into biochar by pyrolysis method and used as a catalyst or catalyst support. During the pyrolysis process, the biomass is decomposed at high temperatures and in an oxygen-free environment. The products obtained after the pyrolysis process depend on the type of biomass, pyrolysis temperature and pyrolysis time. In this study, hazelnut shell was chosen as the biomass source. The hazelnut shell was subjected to pyrolysis in the temperature range of 700-900ºC. XRD, SEM-EDS and TGA were used for the structural characterization of biochar obtained from different pyrolysis temperatures. Furthermore, cyclic voltammetry (CV) technique was used for the electrochemical characterization of biochar cathode catalyst. The findings of the study will be presented at the congress.

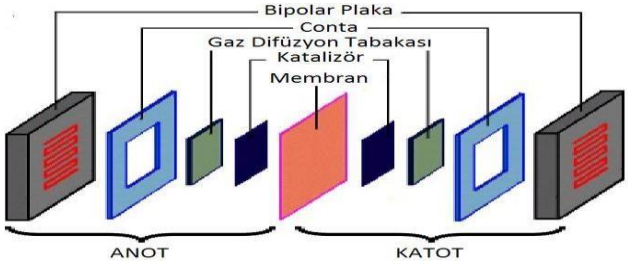
Keywords: H_2/Br_2 flowcell, biomass, pyrolysis

GİRİŞ

Yenilenebilir enerji, herhangi bir kaynaktan üretilen ve zaman içinde sürekli bir arzda tutulabilen bir enerji türüdür. En önemli yenilenebilir enerji kaynakları güneş, rüzgar, hidro, jeotermal, dalga ve biyokütle olarak sınıflandırılabilir. Bu kaynaklar arasında biyokütle, geleneksel fosil yakıtlar için uygun bir alternatif olabileceği için önemli bir kaynak olarak kabul edilmektedir **(Özçimen D., Ersoy-Meriçboyu A., 2010).** Biyokütle, ana bileşenleri karbon, hidrojen, oksijen ve azot olan hidrokarbon maddelerdir. Önemli bir enerji potansiyeline sahip çok çeşitli malzemeleri kapsayan yenilenebilir bir kaynaktır. Biyokütle kaynakları, enerji üretmek amacıyla doğrudan veya çeşitli dönüşüm süreçleri ile değerlendirilmektedir. Termokimyasal bozundurma süreçleri ile biyokütle sıvı, katı ve gaz ürünlere dönüştürülmekte ve bu ürünler enerji üretiminde ve çeşitli endüstriyel alanlarda kullanılabilmektedir. Biyokütle kaynakları arasında atık biyokütle kaynaklarının yeri önemlidir. Fındık kabuğu özellikle ülkemiz için atık potansiyeli yüksek olan bir biyokütle kaynağıdır **(Özçimen D., Ersoy-Meriçboyu A., 2009).**

Piroliz, biyokütlenin oksijensiz ortamda yüksek ısıl olarak sıvı -oksijen içerikli piroliz yağları, katı kok ve gaz ürünlere (-CH_4, H_2, CO, CO_2 vb.) dönüştürülmesi işlemidir **(Bridgwater, 2003).** Piroliz sonucu elde edilen gaz, sıvı ve katı ürünlerin oranı, uygulanan piroliz yöntemine ve çalışma koşullarına bağlıdır **(Groscurth ve diğ., 2000).** Piroliz yöntemiyle biyokömürlere dönüştürülen karbon yapılar katalizör veya katalizör desteği olarak kullanılabilmektedir **(Hidayat ve diğ., 2015; Li ve diğ., 2014; Kastner ve diğ., 2012).**

Elektriksel enerjiyi kimyasal enerji olarak uzun süre ve yüksek verimlilikle depolamanın mümkün olduğu sistemler akışkan pil sistemleridir. Akışkan pillerin elektriksel enerjiyi gerektiğinde elektrolitlerinde depolayabilmesi (şarj) gerektiğinde ise elektriksel enerjiyi üretmesi (deşarj) sekonder bataryalar ve yakıt pillerine göre daha gelişmiş bir sistem olduğunun göstergesidir. Yüksek ve hızlı katot kinetiğine sahip olmasından ötürü H_2/Br_2 akışkan pil sistemi akışkan pil sistemleri arasında dikkat çeken ve gelecek vaat eden bir sistemdir. Hidrojen-brom akış pili bir gaz-sıvı sistemidir. H_2/Br_2 akışkan pil sisteminde deşarj konumunda çalıştığında anotta hidrojenin protonlarına ayrışması meydana gelirken katotta brom bromür iyonuna dönüşmesi işlemi meydana gelmektedir. Akış pili bileşenleri; dıştan içe olmak üzere bipolar plaka, teflon conta ve MEA (elektrot-membran-elektrot) yapısından oluşmaktadır.

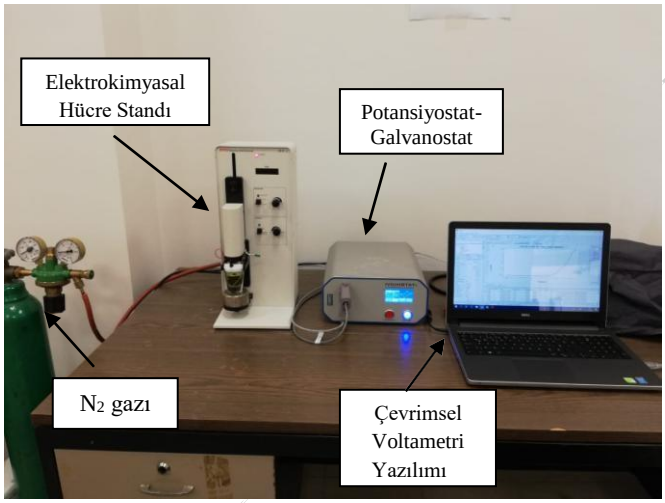


Şekil 1. Hidrojen-brom akış pili bileşenleri

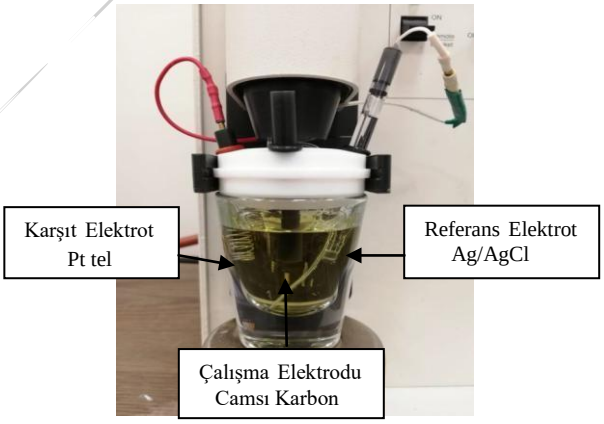
MATERYAL VE METOD

Bu deneysel çalışmada Türkiye'nin Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Samsun ilindeki ticari anlamda tarımı yapılmakta olan fındık kabuğu kullanılmıştır. Fındık kabukları 1mm-4mm olacak şekilde öğütülüp, elenerek hazırlanmıştır. Safsızlıklardan arındırmak için saf suyla yıkanıp 70ºC etüvde kurutulmuştur. Piroliz deneyi gerçekleştirmek için her bir numuneden 8 gr tartılarak sabit yataklı reaktör içinde bulunan kuvars tüpünün içerisine yerleştirildi. İnert bir ortam sağlamak amacıyla azot ortamında ısıtma hızı 10ºC/dk ayarlanarak sırasıyla 700ºC, 800ºC, 900ºC sıcaklıklarında 30 dk süreyle gerçekleştirildi. Biyokömürün yapısal karakterizasyonu için XRD, SEM-EDS ve TGA, biyokömürlerin elektrokimyasal karakterizasyonu için ise çevrimsel voltametri (CV) tekniği kullanılmıştır.

Çevrimsel voltametre (CV) analizleri, İvium potansiyostat- galvonastat ve standart bir üç elektrotlu elektrokimyasal hücre kullanılarak azot ortamında gerçekleştirilmiştir. Sırasıyla referans, karşıt ve çalışma elektrot olarak Ag/AgCI (3M NaCI), sarmal platin tel ve camsı karbon elektrot kullanılmıştır.



Şekil 2.1 Çevrimsel Voltametre Düzeneği

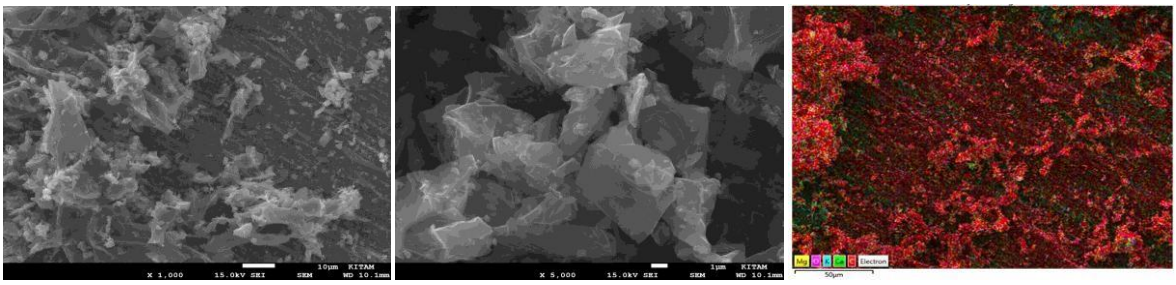


Şekil 2.2 Elektrokimyasal Hücre Standı

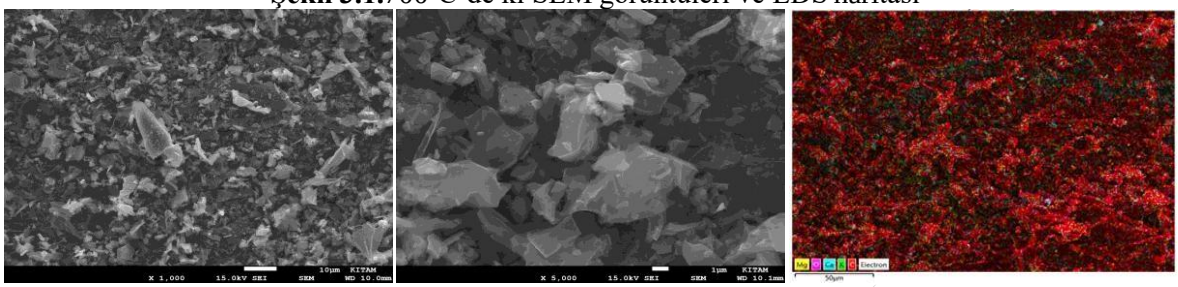
Piroliz yöntemiyle sentezlenen karbon yapıların katalizör mürekkebi için 20µL ağrılıkça %0,05 nafion çözeltisi ultrasonik banyoda 0,5 mL 2-propanol içinde çözdürüldü. Daha sonra karışımı 10 mg karbon ilave edildi ve 20dk ultrasonik banyoda tutuldu. Çevrimsel voltametri deneyleri 0.01M HBr + 0,05M Br_2 solüsyonunda 0,0-0,1V aralığında 30mV/s tarama hızında gerçekleştirilmiştir.

SONUÇ

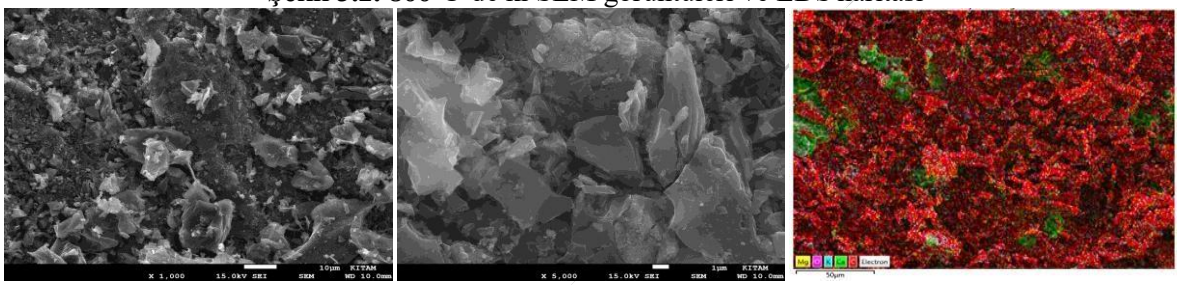
SEM-EDS Sonuçları



Şekil 3.1.700ºC'de ki SEM görüntüleri ve EDS haritası



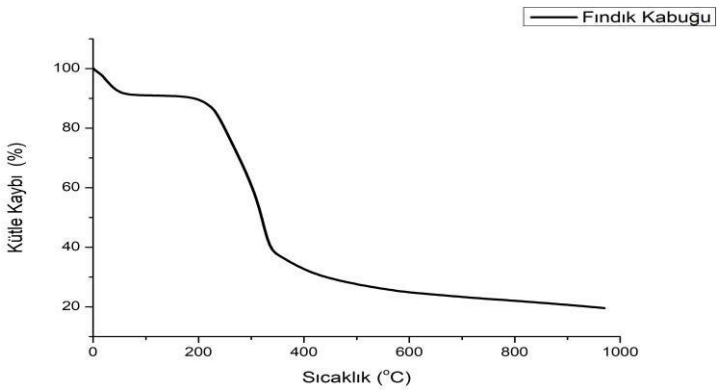
Şekil 3.2. 800ºC'de ki SEM görüntüleri ve EDS haritası



Şekil 3.3. 900**ºC**'de ki SEM görüntüler ve EDS haritası

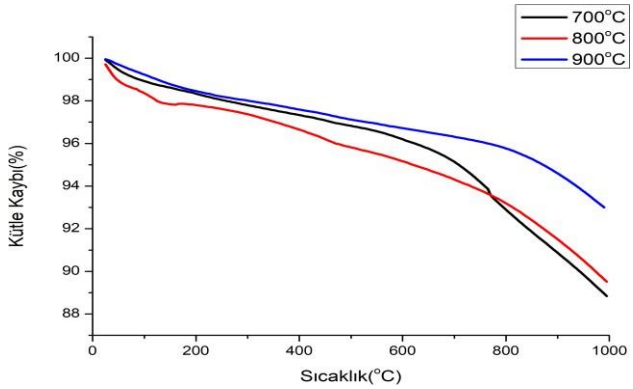
700ºC, 800ºC ve 900ºC piroliz yöntemiyle sentezlenen karbon yapılarının SEM görüntüleri incelendiğinde belirgin bir formun olmadığı ,farklı formlarda kümelenmiş yapılar olduğu tespit edilmiştir. Karbon yapılar biyokütle kaynaklı olduğunda bölgesel lifli yapılar gözlemlenmiştir.
EDS haritalar incelendiğinde karbon yapının varlığı doğrulanmıştır. EDS haritalar incelendiğinde %88 ile %90 oranında karbon olduğu belirlenmiştir. En yüksek karbon oranı 700ºC de gerçekleştirilen piroliz sisteminde görülmüştür.

TGA Sonuçları



Şekil 3.4. Ham fındık kabuğunun termogrametrik eğrisi

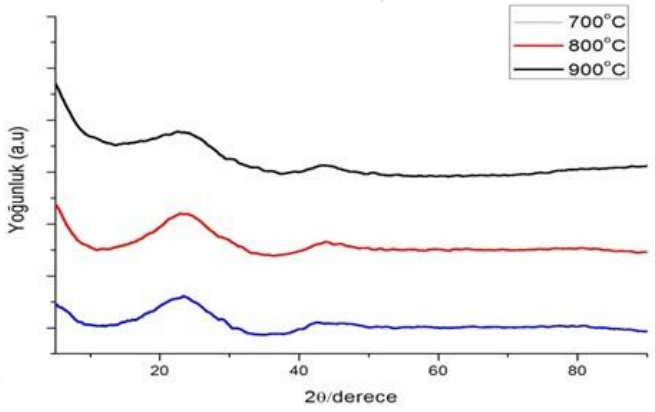
Ham fındık kabuğunun termogramı incelendiğinde yaklaşık 100ºC 'de ufak bir kütle kaybı gözlemlenmiştir. Bu kütle kaybı bünyesindeki nem kaybına atfedilmiştir. 230ºC itibaren hızlı bir kütle kaybı gözlemlenmiştir. Piroliz sıcaklığına karar verilirken ham fındık kabuğunun termogram eğrisi dikkate yaklaşık 500ºC sonra kütle kaybında önemli bir değişiklik olmamıştır. Bu termogravimetrik eğri yaklaşık 600ºC sonra karbonizasyon işlemin gerçekleşebileceğini bize göstermiştir.



Şekil 3.5. Sentezlenen karbon yapının termogrametrik eğrisi

Piroliz yöntemiyle sentezlenen karbon yapıların termal davranışları 5ºC/dk tarama hızında gerçekleştirilen TGA ile doğrulanmıştır. 700ºC, 800ºC ve 900ºC 'de sentezlenen karbon yapıların kütle kayıpları sırasıyla %11,08, %10,19, %6,95 şeklinde elde edilmiştir. En fazla kütle kaybının 700ºC de olduğu gözlenmiştir.

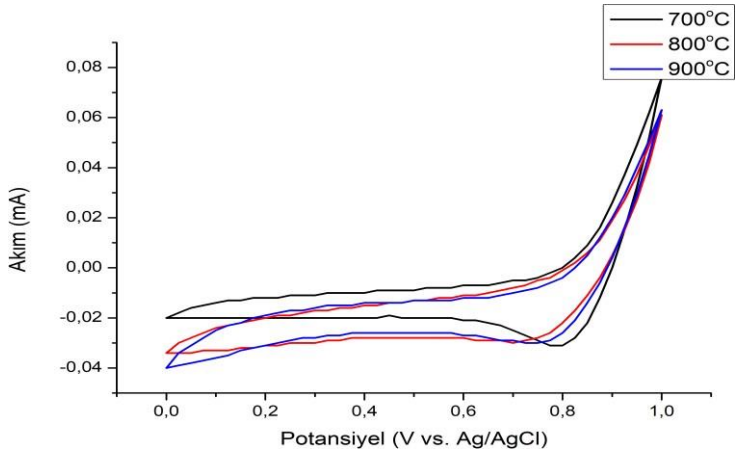
XRD Sonuçları



Şekil 3.6. 700ºC, 800ºC ve 900ºC 'de sentezlenen karbon yapıların XRD desenleri

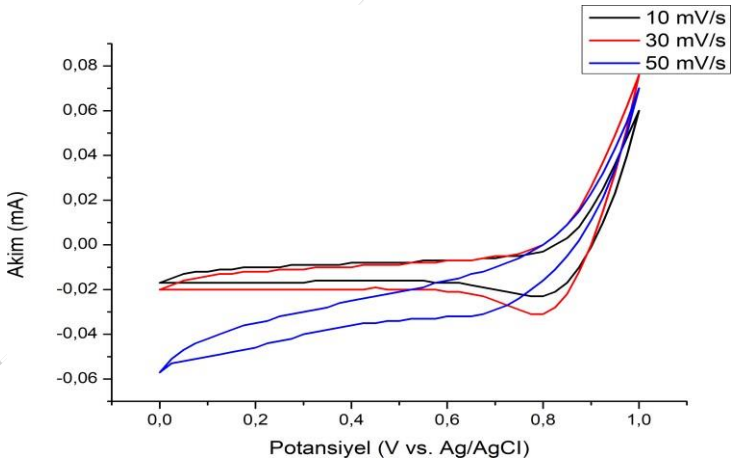
2° ve 90 ° açı aralığında, 2º/dk tarama hızıyla gerçekleştirilen XRD, yaklaşık 23,49° de gözlemlenen belirgin pik karbon yapının karakteristik pikidir. Bu karakteristik pik (0 0 2)grafit düzlemine karşılık gelmektedir. 43° de gözlemlenen zayıf pik (1 0 0) grafit düzleminde gözükmektedir **(Zahoor ve diğ., 2014)**. 700 ºC, 800 ºC ve 900 ºC 'de elde edilen karbon katalizörler XRD desenleri incelendiğinde pik pozisyonlarında kayma gözlemlenmiştir. 900 ºC'de elde edilen karbon katalizörünün karakteristik piki en düşüktür.

Çevrimsel Voltametri (CV) Sonuçları



Şekil 3.7. 700ºC, 800ºC ve 900ºC 'de sentezlenen karbon yapıların 0-1V potansiyel bölgesindeki çevrimsel voltagramları

Piroliz yöntemiyle sentezlenen karbon yapıların elektrokimyasal karakterizasyonu çevrimsel voltametri analizle incelenmiştir. 700ºC, 800ºC ve 900ºC'de sentezlenen karbon yapıların 0-1V potansiyel bölgesindeki çevrimsel voltagramları şekilde gösterilmiştir. Karbon yapıların 30mV/s tarama hızı ve HBr/Br_2 ortamındaki brom indirgenme ve yükseltgenme reaksiyonlarının elektrokimyasal aktiviteleri incelendiğinde 700ºC sentezlenen karbon yapının brom indirgenme reaksiyonunu katalizlediği gözlemlenmiştir. Yaklaşık 0,8V da meydana gelen pik brom indirgenme reaksiyonuna atıf edilmiştir. 800ºC ve 900ºC'de sentezlenen karbon yapıların çevrimsel voltagramlarında herhangi bir indirgenme piki gözlemlenmemiştir.



Şekil 3.8. 700'de sentezlenen karbon yapıların sırasıyla 10mv/s, 30mv/s, 50mV/s tarama hızlarındaki voltagramları

En iyi sonuç veren 700ºC'de sentezlenen karbon yapıların sırasıyla 10mv/s, 30mv/s, 50mV/s tarama hızlarındaki sonuçları incelendiğinde 30mV/s tarama hızının brom indirgenme reaksiyonun katalizlediği gözlemlenmiştir.

TARTIŞMA

- Elde edilen deneysel sonuçlara göre bir sonraki aşama olarak H_2/Br_2 akış pili için sarj deşarj testleri yapılarak piroliz ile elde ettiğimiz karbon yapının etkinliğini daha iyi tespit edilebilir.
- Farklı piroliz sıcaklıkları ve yüzey modifikasyonları ile karbon yapının performansı arttırılabilir.

• C ve N oranı yüksek biyokütle çeşitliliğine gidilerek bir çok karşılaştırma yapılarak katkı sağlanılabilir.

KAYNAKLAR

Bridgwater, A.V.J.C.E.J. (2003), Renewable fuels and chemicals by thermal processing of biomass.91(2-3), 87-102.

Groscurth, H.-M., Almeida, A. De., Bauen, A., Costa, F.B., Ericson, S.-O., Giegrich, J., Grabczevvski, N.Von., Hail, D.O., Hohmeyer, O., Jörgensen, K., Kern, C, Kühn, I., Löfstedt, R., MarianoJ.Da.S., Mariano, P.M.G., Meyer, N.I., Nielsen, P.S., Nunes, C, Patyk, A., Reinhardt, G.A., Rosillo-Calle, F., Scrase, I. ve Widmann, B., (2000), "Total Costs and Benefits of Biomass in SelectedRegions of theEuropeanUnion", Energy, 25:1081-1095.

Hidayat, A., Rochmadi, Wijaya, K., Nurdiawati, A., Kurniawan, W., Hinode, H., Budiman, A., 2015, "Esterification of Palm Fatty Acid Distillate with High Amount of Free Fatty Acids Using Coconut Shell Char Based Catalyst", EnergyProcedia, Vol. 75, pp. 969–974.

Özçimen D., Ersoy-Meriçboyu A,(2009), Fındık kabuğu karbonizasyon sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi, İTÜ dergisi, 8(1),116-124

Özçimen D., Ersoy-Meriçboyu A,(2010), Characterization of biochar and bio-oil samples obtained from carbonization of various biomass materials, Renewable Energy,35(6),1319-1324

Zahoor, A., Christy, M., Hwang, Y. J., Lim, Y. R., Kim, P., Nahm, K. S. 2014. "Improved electrocatalytic activity of carbon materials by nitrogen doping", Applied Catalysis B: Environmental, 147, 633-641

DOĞRUDAN HAVA YAKALAMA TEKNOLOJİSİ VE YAYILMASINDAKİ BELİRSİZLİKLERİN DEĞERLENDİRMESİ

Ahmet YILDIZ
Gazi Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü
ahmetyldz03@gmail.com – Orcid ID: 0000-0001-5190-6599

Hüseyin USTA
Milli Savunma Üniversitesi / Kara Harp Okulu / Makine Mühendisliği Bölümü
husta@kho.edu.tr – Orcid ID: 0000-0002-7501-6459

Özet

Fosil enerji kaynaklarının çok kullanılmasıyla beraber gelen sera gazlarındaki zararlı artış, 18. yüzyılda meydana gelen Sanayi Devrimi ile başlamıştır. Demirin esas hammadde olduğu bu makineleşme çağında, başlangıçtaki temel enerji kaynağı kömürdü. Tekniğin gelişmesi ve transferi, diğer fosil yakıtların devreye alınması ve ulaşımda meydana gelen hızlanma ile bu sanayi devrimi yayılımını Dünya'nın diğer bölgelerine de devam ettirmiştir. Tarımda makineleşmenin getirdiği kolaylık ile daha fazla toprak işlenebilmeye başlandı ve bunun etkisiyle daha fazla insanın beslenebilme imkânı ortaya çıktı böylece sanayi devrimi beraberinde nüfusta artışı da getirdi. Artan bu nüfusun ihtiyaçları, buna bağlı sanayileşmenin artışı, seyahat ve taşımacılığın havada, karada ve denizde yaygınlaşması ve küreselleşmenin getirdiği diğer ihtiyaçlar sera gazlarının salımında ciddi artışlara sebep oldu. Böylece, 1750 yılında atmosferde 280 ppm (parts per million) olan CO_2 miktarı 2020 itibari ile 418 ppm düzeyine ulaşmıştır. Atmosferde karbondioksit birikmesinin yavaşlamaya başlamayıp, sonraki yakın zaman içinde tersine dönmediği sürece büyük tehlikeler (fırtınalar, seller, kuraklıklar, ısı dalgaları ve deniz seviyesi yükselmesi dâhil olmak üzere) Dünyamızı beklemektedir. Ayrıca hava kirliliğinin tüm canlılar üzerindeki etkisi yüzyıllardır bilinen bir gerçektir. Başta CO_2 olmak üzere sera gazlarının tüm bu etkilerini ve sayamadığımız diğer etkilerini göz önüne alarak, iklim değişikliğini azaltma çalışmaları başlamıştır. 180'den fazla ülke, ülkelerin bu yüzyılın ikinci yarısında kesintisiz net sıfır sera gazı emisyonunu isteyen Paris Anlaşmasını onayladı. Bu emisyon hedeflerinin altında kalınmasıyla beraber, bazı karbon salımlarını ortadan kaldırma teknikleri son yıllarda önem kazanmaya başlamıştır.

Bu çalışmada, bu tekniklerden biri olan Doğrudan Hava Yakalama (Direct Air Capture) incelenmiştir. Farklı ülkelerde ulusal ve bölgesel boyutta incelenmiş olan bu yöntemin Türkiye'de de çalışılması ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu kapsamda, öncelikle uluslararası operasyonlar ve çalışmalar incelenmiştir ve sonrasında ise karbon yakalama konusunda ulusal durum ve öncelikler incelenerek toplam değerlendirme yapılmıştır. Böylece Dünya'da çok yeni önem kazanmaya başlayan bu inovasyonun avantajları incelenerek öneminin vurgulanması ayrıca yayılmasındaki dezavantajlarının ve belirsizliklerinin ortaya konması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Doğrudan Hava Yakalama, Karbon Yakalama ve Depolama, Karbon Dioksit (CO_2), Yeni Teknolojiler, Küresel Isınma, İklim Değişikliği Azaltma

DIRECT AIR CAPTURE TECHNOLOGY - ASSESSMENT OF UNCERTAINTIES FOR THE DEPLOYMENT

Abstract

The harmful increase in greenhouse gases that come with the use of fossil energy resources started with the Industrial Revolution in the 18th century. With the development and transfer of technique, the commissioning of other fossil fuels and the acceleration in transportation, this industrial revolution has continued its spread to other parts of the world. The needs of increasing population, accordingly; the increase in industrialization and other needs brought about by globalization caused serious increases in greenhouse gas emissions. The amount of CO_2 in the atmosphere, which was 280 ppm in 1750, reached the level of 418 ppm by 2020. Unless the build-up of carbon dioxide in the atmosphere starts to slow

down and reverses in the near future, it is expected to pose major risks. In addition, the effect of air pollution on all living things has been known for centuries. Considering all these effects of greenhouse gases, especially CO_2, actions of mitigation of climate change have been started. More than 180 countries ratified the Paris Agreement, which requires countries to continuously emit net zero greenhouse gases in the second half of this century. With these emission targets falling short, some carbon emission elimination techniques have gained importance in recent years.

In this study, one of these techniques, Direct Air Capture, was examined. This technique, which examined national and regional level in different countries, it was also thought that should be examined in Turkey. In this context, firstly, international operations and studies was examined and then a total assessment was made by examining the national situation and priorities on carbon capture. Thus, it is aimed to emphasize the importance of this innovation which has just started to gain importance in the world by examining the advantages and also to introduce its disadvantages and uncertainties on deployment.

Keywords: Direct Air Capture, Carbon Capture and Storage, Carbon Dioxide (CO_2), New Technologies, Global Warming, Climate Change Mitigation

1. GİRİŞ

Atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonları yaklaşık üç milyon yıl içindeki en yüksek seviyelerine ulaşmıştır. Bu konsantrasyonlar her geçen yıl artmaya devam etmektedir (IPCC1, 2018). 2 ° C'nin altındaki karbon bütçesinin kalan miktarı, mevcut tahminlerle 20-25 yıllık küresel CO_2 emisyonuna eşdeğerdir (CICERO, 2017). Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), atmosferdeki karbondioksit birikmesinin yavaşlamaya başlamayıp, sonraki yakın zaman içinde tersine dönmediği takdirde olağanüstü risklerle karşılaşılacağı konusunda uyarmaktadır (IPCC, 2013).

180'den fazla ülke, ülkelerin bu yüzyılın ikinci yarısında kesintisiz net sıfır sera gazı emisyonu elde etmelerini isteyen Paris Anlaşmasını onayladı. Ancak, bu hedefe yönelik ilerlemelerin yavaş kaldığı gözlenmektedir. Paris Anlaşması'na bağlı kalarak, az sayıda büyük ekonomik ölçüye sahip ülke başlangıç azaltma hedeflerine ulaşmıştır. Hâlihazırda küresel ekonominin bazı sektörlerinin çok önem arz eden karbondan arındırma stratejilerinin belirsizliğini koruduğu belirtilmiştir (WMO, 2018).

Bu bağlamda, küresel iklim stratejilerinin bir bileşeni olarak "karbondioksit giderme (CDR- carbon dioxide removal)" önem kazanmıştır. Karbondioksit giderme, biyoloji ve mühendislik ürünü veya hibrit çalışmalar kullanılarak atmosferden CO_2 çekilmesine yönelik bir dizi yaklaşımı ifade eder. Karbondioksitin atmosferden uzaklaştırılması, ilk etapta karbondioksit emisyonlarını azaltmak ve önlemek için hayati önem taşıyan birçok stratejiye yardımcı olarak, iklimin değişikliği etkilerinin azaltılmasında önemli bir rol oynama potansiyeline sahiptir. IPCC'nin 1,5 ° C Küresel Isınma Raporu (2018) sanayileşme öncesinin değerlerine bakarak, ısınmayı 1,5 ° C ile sınırlı tutmak için 100-1000 gigaton (GT) karbondioksitin atmosferden uzaklaştırılması gerektiğini ifade eder (IPCC2, 2018).

İklim değişikliği ile mücadelenin getirdiği endişeler, son zamanlarda negatif emisyon teknolojilerine odaklanmayı gerektirmiştir. Bu çalışmada Doğrudan Hava Yakalama (DHY) sistemlerinin avantajları incelenerek öneminin vurgulanması ayrıca yayılmasındaki dezavantajlarının ve belirsizliklerinin ortaya konması amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada öncelikle uluslararası ve ulusal iklim hedeflerine değinilmiştir. Sonrasında karbondan arındırma kapsamında çalışan bazı organizasyonlar incelenmiştir. Son olarak bu inovasyonun avantajlarına ve yayılmasındaki dezavantajlar ve belirsizliklere değinerek elde edilen bilgiler kapsamında toplam bir değerlendirme yapılmıştır.

3. İKLİM ADIMLARI

Global iklim değişikliğine karşı uluslararası işbirlikleri gerekmektedir. Küresel ısınmadaki insan faktörünü ortadan kaldırmak için birtakım anlaşmalar devreye girmiş olup, güncel raporlamalar ile takibi yapılmaya devam etmektedir. Örneğin Paris Anlaşması bunların başında gelmektedir. Küresel iklim politikalarının yanında, esas uygulayıcılar olan devletlerin ulusal politikaları son zamanlarda adını sıkça duyurmaya başlamıştır. Örneğin Almanya, Japonya, Finlandiya gibi gelişmiş ülkeler karbon nötr olma sözünü vermiştir.

3.1 Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS)

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC), 3-14 Haziran 1992 tarihlerinde 154 ülke tarafından Rio de Janeiro'da düzenlenen Dünya Zirvesi olarak bilinen Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda (UNCED) iklim değişikliğini ele alan uluslararası bir çevre anlaşmasıdır. Tarafları iklim sistemindeki zararlı antropojenik müdahaleyi önlemek için (sera gazı salımlarının stabilizasyonu) sözleşmeyi imzalamışlardır. Çerçeve ekonomik ve sosyal kalkınmayı dikkate alarak tüm ülkelerin taahhütte bulunmasını istemiştir. Ek–1 ülkelerinden insan kaynaklı sera gazı salımlarını azaltarak 1990 seviyelerine çekilmesine yönelik ulusal politikaların izlenmesi istenmiştir. Ek 1 Ülkeleri: Bu grupta yer alan ülkeler, sera gazı emisyonlarını sınırlandırmak, sera gazı yutaklarını korumak ve iyileştirmek diğer yandan iklim değişikliğini önlemek için aldıkları önlemleri ve izledikleri politikaları bildirmek ve mevcut sera gazı emisyonlarını ve emisyonlarla ilgili verileri iletmekle yükümlüdürler ve bu grupta 43 ülke bulunmaktadır. Ek 2 Ülkeleri: iklim değişikliğinin etkilerini yönetmelerine yardımcı olmak için geçiş ekonomilerine ve gelişmekte olan ülkelere mali ve teknik destek sağlayan gruptur, bu grupta 23 ülke vardır. Ek Dışı Ülkeler: Bu ülkeler, iklim değişikliğini azaltma faaliyetlerine teşvik edilmekte ama belirli bir yükümlülük altında değillerdir ve bu grupta 154 ülke bulunmaktadır. Türkiye Ek 1 ülkeleri listesinde olup, Sözleşmeye 24 Mayıs 2004 tarihinde taraf olmuştur. Sözleşmenin tarafları 1995'ten itibaren ilerlemeyi raporlamak ve değerlendirmek için her yıl toplanmaktadır ve buna "Taraflar Konferansı" denmektedir. İlki 1995 yılında Berlin'de düzenlenmiştir. Kyoto Protokolü, Taraflar Konferansının 1997 yılında düzenlenen üçüncüsünde, Paris Anlaşması ise 2015 yılında düzenlenen yirmi birincisinde imzalanmıştır.

Kyoto Protokolü:

Kyoto Protokolü, küresel ısınmanın meydana geldiğine dair bilimsel fikir birliğine dayalı olarak, taraf devletlerin sera gazı emisyonlarını azaltmayı taahhüt eden 1992 - Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesini genişleten uluslararası bir antlaşmadır. Türkiye Sözleşmeye 26 Ağustos 2009 tarihinde taraf olmuştur. Şu anda Protokolün 192 tarafı bulunmaktadır. Kyoto Protokolü, 37 sanayileşmiş ülke ve geçiş ekonomisi ve Avrupa Birliği için bağlayıcı emisyon azaltma hedefleri belirlemektedir. Genel olarak, bu hedefler, 2008–2012 arasındaki beş yıllık dönemde (ilk taahhüt dönemi) 1990 seviyelerine kıyasla ortalama yüzde 5 emisyon azaltımını ifade etmiştir. İlk taahhüt döneminde, 37 sanayileşmiş ülke ve geçiş ekonomisi ve Avrupa Birliği, sera gazı emisyonlarını 1990 seviyelerine göre ortalama yüzde 5'e düşürmeyi taahhüt etti. İkinci taahhüt döneminde Taraflar, 2013'ten 2020'ye kadar olan sekiz yıllık dönemde sera gazı emisyonlarını 1990 seviyelerinin en az yüzde 18 altına düşürmeyi taahhüt ettiler; ancak, ikinci taahhüt dönemindeki Tarafların düzenlemesi birincisinden farklıdır. Türkiye her iki dönem için de bir azaltım taahhüdünde bulunmamıştır.

Paris Anlaşması:

2020 sonrası iklim değişikliğinin azaltılması rejiminin çerçevesini oluşturan Paris Anlaşması 2015 yılında Paris'te düzenlenen BMİDÇS 21. Taraflar Sözleşmesinde kabul edilmiş olup, 4 Kasım 2016'da yürürlüğe girmiştir. Anlaşmasının temel amacı, bu yüzyılda küresel sıcaklık artışını sanayi öncesi seviyelerine göre 2 °C'nin daha altında tutarak iklim değişikliği tehdidine karşı direnci güçlendirmeyi hatta sıcaklık artışını 1,5 °C ile sınırlandırma planlarını uygulamayı amaçlamaktadır. Anlaşma tüm ülkelerin ulusal katkılarının taahhüdünü talep etmektedir. Anlaşma gelişmiş ve gelişmekte

sınıflandırmasına dayandırarak tüm ülkelerin katkısını alırken "ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ve göreceli kabiliyetler" prensibini esas almıştır. Türkiye, 20 Eylül 2015 tarihinde, Referans Senaryoya (BAU) göre sera gazı emisyonlarında 2030 yılında %21 oranına kadar azaltım bildirmiştir. Türkiye Anlaşmayı 22 Nisan 2016 tarihinde gelişmekte olan bir ülke olarak imzalamıştır. Şubat 2020 itibariyle, BMİDÇS'nin 196 üyesinin tamamı anlaşmayı imzalamış ve 189'u anlaşmaya taraf olmuştur. Türkiye henüz taraf olmayan ülkeler arasında yer almaktadır.

Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli ve 1,5 Derece Raporu:

Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), Birleşmiş Milletler'in insan kaynaklı iklim değişikliği riskinin bilimsel temelini, doğal, politik ve ekonomik etkilerini ve risklerini ve olası eylem seçeneklerini ortaya koymakla ilgili nesnel, bilimsel bilgi sağlamaya adamış hükümetler arası bir organıdır. Birleşmiş Milletler'in iklim değişikliğiyle mücadele ve iklim değişikliği uyum konularına ilişkin eylemlerinde yardımcı olması amacıyla özel rapor ve değerlendirmeler hazırlamaktadır. IPCC'nin beşinci değerlendirme raporu olan AR5, Paris Anlaşması'nın önemli bir bilimsel girdisiydi.
1.5 Derece Raporu ise on beşinci özel rapor (SR15) olarak kamuoyuna paylaşılan 1,5 Derece Küresel Isınma Özel Raporu'dur. Bu raporda insan kaynaklı sebeplerden dolayı küresel ısınma değerinin şimdiden sanayi öncesi devire göre yaklaşık 1 ºC artış gösterdiğini belirtmektedir. Raporda 1,5 ºC ısınma ile 2 ºC ısınmanın getirdiği riskleri (okyanuslar, ekosistemler, biyolojik çeşitlilik, deniz seviyesi, sağlık, geçim kaynakları, yaşam alanları vb. açıdan) değerlendirmiş olup, küresel ısınmanın 1,5 ºC ile sınırlı tutulması gerektiğini vurgulamıştır. Rapor 1,5 ºC'nin altında tutmanın mümkün olduğunu ancak "enerji, arazi, kentsel ve altyapı vb. ve endüstriyel sistemlerde hızlı ve geniş kapsamlı dönüşümle" mümkün olacağını belirtiyor. 1,5 ºC'yi aşmayan modellemelere göre 2030 yılında 2010'a kıyasla % 45 emisyon azaltımı, 2050 yılında ise net sıfır emisyona ulaşma; 2 ºC'yi aşmayan modellemelere göre 2030 yılında 2010'a kıyasla % 25 emisyon azaltımı, 2070 yılında ise net sıfır emisyona ulaşma tahmin edilmiştir.

3.2 Avrupa Birliği

Avrupa Birliği'nin (AB) taraf olduğu Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS), Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması, Birlik politikalarının parçasıdır. AB, Paris Anlaşmasına yönelik katkısı (NDC) çerçevesinde, sera gazı emisyonlarını, 2030 yılına kadar 1990 seviyesine kıyasla %40 oranında düşürmeyi taahhüt etmiştir. AB'nin 2050 yılına yönelik hedefi ise net sera gazı emisyonlarının sıfırlayarak ve Avrupa'yı dünyanın ilk iklim nötr kıtası haline getirmektir. Bu temel hedef doğrultusunda kurgulanan AB'nin yeni büyüme stratejisi, "Avrupa Yeşil Mutabakat" adıyla 11 Aralık 2019 tarihinde resmi olarak açıklanmıştır. Bu kapsamda, Avrupa Komisyonu tarafından hazırlanan "Avrupa İklim Kanunu" önerisi doğrultusunda, AB'nin 2030 yılına yönelik mevcut sera gazı emisyon azaltımı hedefinin %40'tan en az %50 ila %55 seviyelerine artırılması hedeflenmektedir. Avrupa Birliği'nin müktesebatının 27. Fasılı, Çevre ve İklim Değişikliği üzerinedir. İklim değişikliği konusunda sera gazlarının emisyonunun izlenmesi, emisyon ticareti sistemi, emisyon ticareti sisteminin dışında kalan sektörlerden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılması, karbon yakalama ve depolaması, F-gazlarının kontrolü ve ozon tabakasının korunması, ulaştırmadan kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltımı, arazi ve arazi kullanım değişikliği ile ilgili emisyonlar hakkında AB düzenlemeleri bulunmaktadır (AB, 2020).

3.3 Türkiye'de Durum

TÜİK verilerine göre gelişmekte olan ekonomilerden olan Türkiye'nin sera gazı emisyonu 2018 yılında 520,9 Mt CO_2 eşdeğeri oldu. Bu eşdeğerdeki en büyük paylar sırasıyla; %71,6 ile enerji kaynaklı, %12,5 ile endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı kaynaklı, %12,5 ile tarımsal faaliyetler kaynaklı ve %3,4 ile atık kaynaklı olarak belirtildi. 2018 yılında kişi başına düşen toplam sera gazı emisyonu 6,4 ton CO_2 eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Türkiye'nin bu değeri 11.8 ton CO_2 olan OECD üyelerinin (OECD, 2019) ve 8,7 ton CO_2 olan AB üyelerinin (Eurostat, 2020) ortalamalarının altında kalmaktadır. Türkiye iklim değişikliği ve uyum yönündeki adımlarını 2000 yılında sonra atmaya başlamıştır. Başlıca adımlar; 2005 yılında yürürlüğe giren Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı

Kullanımına İlişkin Kanun, 2007 yılında yürürlüğe giren Enerji Verimliliği Kanunu, 2010 ve 2011 yıllarında açıklanan "İklim Değişikliği Stratejisi" ve "İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı, 2014 yılında yürürlüğe giren Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik, 2018 yılında açıklanan Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı olarak ifade edilebilir. Ek olarak tarım, yapılaşma, altyapı, çevre (su kaynakları, geri dönüşüm vd.) arazi kullanımı, taşımacılık, endüstri vb. iklimle doğrudan ilgili alanlarda kanun, strateji ve eylem planlarını yürütmektedir. Ayrıca 11. Kalkınma Planında yer alan 714.1. numaralı tedbirde "Sera gazı emisyonuna sebep olan binalar ile enerji, sanayi, ulaştırma, atık, tarım ve ormancılık sektörlerinde emisyon kontrolüne yönelik Niyet Edilmiş Ulusal Katkı çerçevesinde çalışmalar yürütülecektir." denilerek Paris Anlaşması'na verilen önem vurgulanmıştır.

4. DOĞRUDAN HAVA YAKALAMA

Doğrudan Hava Yakalama, CO_2'nin ortam havasından fiziksel veya kimyasal olarak ayrılması ve konsantrasyonudur. Yakalanan CO_2 yeraltında saklanabilir, karbon-nötr yakıt ve enerji amacıyla sentetik yakıt üretim tekniklerinde, Power to Gas teknolojisinde, kimyasallar veya çimento gibi ürünler yapmak için kullanılabilir. Günümüzde, araştırmacılar ve uygulayıcılar topluluğu, CO_2'yi havadan ayırmak için üç farklı yöntem kullanmaktadır:

Kimyasal: Havadaki CO_2, sıvı çözücülerle veya katı sorbentlerle reaksiyona girerek geçici olarak bağlanır. Çözücü veya sorbent daha sonra ısıtılarak konsantrasyon için CO_2 serbest bırakılır. Bu yaklaşım, baca gazından CO_2'yi uzaklaştıran noktasal kaynak karbon yakalama sistemlerinin prensiplerine benzer.

Kriyojenik: CO_2 bir gaz için nispeten yüksek bir donma sıcaklığına sahip olduğu için havadan dondurma yöntemi ile ayrılabilir. Halen, kriyojenik oksijen ayrılmasının bir yan ürünü olarak dondurulmuş havadan CO_2 geri kazanılmaktadır.

Membranlar ile: CO_2, iyonik değişim membranları ve ters ozmos membranları dâhil olmak üzere membranlar kullanılarak havadan ve deniz suyundan ayrılabilir. Bu uygulama, bitkilerin ve hayvanların CO_2'yi ayırma şeklini taklit eder. CO_2 günümüzde, geleneksel tuzdan arındırma sırasında deniz suyundan ayrıştırılabilmektedir.

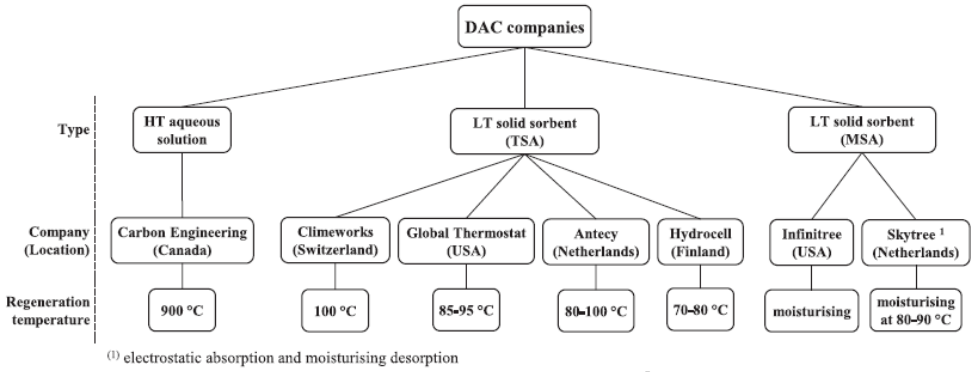
Doğrudan hava yakalamayı en aktif şekilde kullanan şirketler, çoğunlukla çözücü veya sorbent kullanılan kimyasal yöntemi tercih eder. Kilit kimyasal maddeleri yeniden üretmek (rejenerasyon) için ısı ve güç gerektiğinden, birçok şirket ve araştırmacının amacı CO_2 elde edilmesini iyileştirmek, girdi enerji gereksinimlerini ve maliyetlerini azaltmak ve üretilen gaz karışımının konsantrasyonlarını iyileştirmektir. Günümüzde DHY teknolojileri, CO_2'yi yakalamak ve serbest bırakmak için birçok kez yeniden kullanılabilen kimyasal sorbentlere dayanmaktadır. Emici malzeme seçimi tüm sistemi etkilediği için, DHY sistem tasarımının önemli bir parçasıdır. Kimyasal sorbentler baca gazı karbon yakalama konusunda büyük ilgi görmektedir ve bu malzemelerin yeni türlerini geliştirmek için önemli Ar-Ge ve tasarım çalışmaları vardır. Tasarım konusunda DHY için yararlı olanları olsa da malzemeler konusunda yapılan çalışmalar son derece kısıtlıdır (D. Sanchez vd., 2018).

DHY tasarımlarında kullanılan kimyasal sorbentlerin birincil kategorileri (a) sulu hidroksitler, (b) katı destekli aminler ve (c) katı alkali karbonatlardır (E. Sanz-Pérez vd., 2016). Baca gazı yakalama teknolojisi üzerine yapılan araştırmalara, tipik olarak CO_2'i kimyasal sorbentlerden çok daha zayıf bağlayan zeolitler ve metal-organik kafes yapılı bileşikler (MOF'ler) gibi fizyo-emici malzemeler de dâhil edilmiştir. Ayrıca, DAC için bu malzemelerin kullanımı ile ilgili sınırlı sayıda araştırma, ortam havasının çok düşük CO_2 konsantrasyonlarında zayıf performans göstermesi ve aynı zamanda atmosferik nem nedeni ile cesaret kırıcı sonuçlar üretmiştir (A. Kumar vd., 2015). Ağırlıklı olarak, mevcut DHY sistemlerinin tasarımlarında fizyo-emici malzemeler tercih edilmemektedir.

Rejenerasyon, yakalanan CO_2'in emici malzemeden serbest bırakılması aşamasını tarif etmektedir. Bunu yapmanın en yaygın yolu malzemenin ısıtılmasıdır ve bu yöntem sıcaklık salınımlı adsorpsiyon (TSA) olarak adlandırılır. Bazı sorbentler, ortamdaki rutubet / nem miktarı değiştirilerek rejenere edilebilir ve bu yönteme nemlendirici salınımlı adsorpsiyon (MSA) olarak bilinir. Sorbentleri rejenere etmenin üçüncü yolu, ortam basıncını değiştirmektir. Bu yöntemi kullanan sistemlere basınç salınımlı adsorpsiyon (PSA) denir (L. Ribaldi vd., 2017.). Bu yöntemler, sorbent malzemenin özelliklerine bağlı

olarak kombinasyon halinde kullanılabilir. DHY tasarımlarının önemli bir bileşeni, sorbentlerin ortam havasıyla nasıl temas ettirildiğidir. Bu işlem hem yüksek hacimli hava akışını sağlayan, ayrıca sıvı sorbentin akışına müsaade eden veya katı sorbente destek olan bir hava kontaktörü kullanılarak yapılır. Hava kontaktörünün yapısal malzemeleri, geometrik tasarımı ve diğer özellikleri DHY tasarımları için önemli zorluklardır ve bunlar önemli maliyetleri oluşturur. Bir başka önemli tasarım aşaması ise havanın geçtiği malzemenin kaybını en aza indirmektir. Malzeme kaybı çevresel tehlikelere neden olur ve takviye edilmesi gereken sorbent miktarını arttırır.

Günümüzde DHY alanında yukarıda bahsedilen rejenerasyon prensipleri doğrultusunda çalışan şirketler; Carbon Engineering, Climeworks, Global Thermostat, Antecy, Hydrocell, Infinitre, Skytree olduğu görülmüştür. Türkiye'de DHY alanında çalışan bir firma tespit edilememiştir.



Şekil 4.1 Doğrudan Hava Yakalama Şirketleri (Fasihi vd,, 2019.)

4.1 Avantajlar, Dezavantajlar ve Belirsizliklere Dair Bulgular

DHY gibi negatif emisyon teknikleri genel olarak 3 kategoriye ayrılır. Bunlar; a) Doğal: Ormanlaştırma, Sulak alan yönetimi ve kıyı resterasyonu, Toprak Karbon Restorasyonu b) Hibrit: karbonun yakalama ve depolanmasıyla elde edilen biyoenerji elde etme -BECCS, Biyokömürlü karbon sekestrasyonu ile biyoenerji elde etme –BEBCS c) Teknolojik: DHY, baca gazından karbon yakalama ve depolama-CCS, Okyanus Alkalinitesi Modifikasyonu, Karasal Gelişmiş Ayrışma'dır.

DHY herhangi bir yerde havadan CO_2 yakalaması ile başladığından, diğer karbondioksit giderme teknolojilerinin yapamadığı iki temel rolü oynayabilir. İlki iklim değişikliği ile mücadele için bir etkin bir işlevi görebilmesidir, ikincisi ise CO_2'den yararlanma (CO_2U) uygulamaları için hammadde olarak CO_2 tedarik edebilmesidir.

Avantaj, dezavantaj ve belirsizliklerin belirlenmesine yönelik literatürde bulunan kapsayıcı ve spesifik yayınlar incelenmiştir. Bunların içinde makaleler, değerlendirme raporları, yol haritaları, tezler ve şirket internet siteleri bulunmaktadır.

DHY hakkında yapılan çalışmaların incelenmesi sonucu diğer CO_2 giderme yaklaşımlarına göre, DHY'nin avantajları ve dezavantajları tespit edilmiştir.

Avantajları:

- DHY'nin kümülatif CO_2'i çekme potansiyeli diğer karbondioksit giderme yöntemlerine göre çok büyüktür.
- DHY için arazi alanı gereksinimi diğer yöntemlere göre çok azdır.
- DHY için su gereksinimleri, karbon giderimi için biyoenerji mahsullerinden yararlanan yollardan çok daha düşüktür.
- DHY'nin besin döngüsüne doğrudan bir etkisi yoktur ve biyokütle mahsulü temelli yöntemlerin, okyanus gübrelemesinin ve gelişmiş ayrıştırmanın aksine ilave besinlerin (azot veya fosforlu gübreler gibi) uygulanmasını gerektirmez.

- Yakalanan CO_2 için karbon yutağı olarak hizmet eden jeolojik rezervuarlar çok büyük olduğundan, DHY tarafından yıllık olarak büyük miktarda CO_2 giderimi yüzlerce yıl boyunca devam ettirilebilir. Bu durum ise giderme oranları zaman içinde azalan birçok doğal yöntemlere göre ciddi bir avantajdır.
- DHY çok sayıda yere yerleştirilebilir. Tesisler yüksek enerji kaynaklarına ve jeolojik depolama potansiyeli olan bir yere yerleştirilebilir.
- DHY, baca gazı yakalamaya göre çeşitli teknolojik avantajlara sahiptir. Birincisi, DHY, baca gazı yakalamada kullanılan emici malzemeleri bozabilecek yüksek düzeyde kirletici (özellikle SO_2, NO_X ve cıva) içeriği işlemez. İkincisi, baca gazı yakalama sistemleri CO_2'nin neredeyse tamamen yakalanması için tasarlanırken, DHY sistemlerinin CO_2'i tamamen yakalamasına gerek yoktur.
- DHY'den elde edilen CO_2 faydalarının ölçülmesi, özellikle CO_2 giderimi için var olan diğer yollarla karşılaştırıldığında nispeten basittir. Atmosferden DHY tarafından çekilen CO_2 kütlesi için işlendiği tesis seviyesinde emisyonu, enerji tüketimi ve yakalanan CO_2 doğrudan ölçülebilir.
- DHY, karbondan-ürüne temelli çalışan işletmeler için hammadde olarak CO_2 de sağlayabilir.
- Bazı DHY yöntemleri ile CO_2 geri kazanıldığında, önemli miktarda suyu (tatlı su) havadan yakalar. Bu durum su kıtlığı yaşayan bölgelerde DHY'nin cazibesini artırabilir.

Dezavantajları:

- DHY, yakalanan ton CO_2 başına nispeten büyük bir enerji tüketicisidir. DHY genellikle daha pahalı karbondioksit giderme yolları arasında kabul edilir.
- Ton başına yakalama maliyeti günümüz karbon piyasası fiyatlarının çok üzerinde olduğundan DHY pazara giriş ve yayılım teşvik politikalarına ihtiyaç duyabilir.
- DHY'nin yüksek maliyetinde, atmosferdeki CO_2'in baca gazından çok daha seyreltik olmasının etkisi yüksektir. Atmosferdeki CO_2 konsantrasyonu, % 5 olan doğal gaz yakıtlı baca gazı ve % 12 olan kömür yakıtlı baca gazıyla karşılaştırıldığında kabaca % 0.04'tür.
- Çoğu CO_2 giderme yolları, CO_2'i yakalamanın yanı sıra DHY'ye göre başka avantajlar da sunar. Birçok doğal yol, biyolojik çeşitliliği iyileştirmek, toprak tarafında emilmemiş yüzey suyunu azaltmak, tarım uygulamalarını iyileştirmek ve iklim değişikliğine uyum sağlamak için ek bir araç sunarak küresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılmasına yardımcı olabilir. Gelişmiş ayrışma, BECCS ve BEBCS gibi diğer teknolojik ve hibrit yollar elektrik, hidrojen ve yakıt gibi değerli ürünler üretir.
- Diğer önemli durum, kar amaçlı değer için optimize edilmiş bir DHY sistemi büyük ölçüde farklılıklar içerebilir. Enerji kaynağı olarak düşük karbonlu doğal gaz (yakalama ve depolama ile) kullandıysa ve hammadde olarak tutulan CO_2 ile sıvı taşımacılık yakıtı ürettiyse, net CO_2 uzaklaştırma son derece küçük olabilir veya hatta CO_2 emisyonlarını artırabilir.
- İklim iyileştirme işlevine hizmet etmek için DHY, sıfır karbonlu ısı ve güç kaynakları ile çalışmalıdır. Maliyetler, kapladığı alan ve işletme gereklilikleri, enerji kaynağı hakkındaki farklı varsayımlara bağlı olarak önemli ölçüde değişiklik gösterir. DHY'nin günümüzde az hesaplanabilir genel denge modelindeki yeri tam temsil edilmediğinden, bu tür meselelere karşılık gelen çok az bilimsel ekonomik analiz vardır.
- Bazı bilim adamları ve çevreciler, DHY ve diğer CO_2 giderme yaklaşımlarının mevcudiyetinin, insanların CO_2 emisyonunun azaltılmasına yönelik algılarını zayıflatabileceğini veya yok edebileceği konusunda endişe duymaktadırlar ve bazen bu durumu "ahlaki tehlike" olarak adlandırmaktadırlar.

Belirsizlikler:

- Enerji tüketiminin azaltılması, düşük karbonlu ısı enerjisi tedariği ve DHY'nin yenilenebilir enerji kaynaklı aralıklı (kesintili) elektrik kullanabilmesi; Hava kontaktör tasarımı ile sermaye maliyetlerini azaltma; DHY için en uygun lokasyonların belirlenmesi; Jeolojik karbon deopolama konusundaki endişeler; DHY Teknolojisini geliştirmek için Araştırma-Geliştirme ve Prototipleme/İspat (RD&D) çalışmlarının hızlanması ve temel odak alanlarının tespiti; DHY teknolojilerinin diğer negatif emisyon yöntemlerine kıyasla etkililik ve rekabet edebilirlik seviyesi ; DHY ve diğer karbon yakalama uygulamaları için bir çatı kuruluş ve yasal altyapı eksikliği ayrıca teşvik mekanizmalarına olan ihtiyaç; DHY sistemlerinin teknoloji olgunluk seviyesi, DHY sistemlerinin ekonomik uygulanabilirliği ve karlılığı ve düşük CO_2 fiyatları belirsizlikler olarak öne çıkmaktadır.

5. SONUÇ ve TARTIŞMA

Paris Anlaşması'nın ortaya koyduğu hedeflere ulaşmak için tüm ülkeler kararlı ve yenilikçi şekilde iklim değişikliği azaltma politikaları yürütmek zorundadır. Küresel ısınmanın getirebileceği şiddetli zararların önlenebilmesi için ülkeler adil bir şekilde iş birliği içinde ilerlemelidirler. Ülkeler ulusal hedeflerini ve politikalarını belirlerken taahhüt ettikleri azaltım değerlerini dikkate almak durumundadır. Örneğin Türkiye, Referans Senaryoya (Business as Usual) göre %21 kadar azaltım için 2030 yılında 246 Mt CO_2'i atmosferden uzaklaştırmış olmalıdır. Bu sebeple, Türkiye ve diğer ülkelerin bu hedeflere ulaşmaya çalışırken DHY, Karbon Yakalama ve Depolama (KYD) gibi inovatif yöntemlere başvurmaları ihtimal dâhilindedir. 2050 yılına kadar net sıfır sera gazı emisyonu elde etme vizyonu doğrultusunda, CO_2 teknolojilerinin negatif emisyon üretimininde yer alacağı beklenmektedir. Ayrıca DHY için maliyetlerin 2025-2030 arasında düşmesi beklenmekte olup (EU, 2019); 2020'de 3 Mt, 2030'da 473 Mt, 2040'ta 4791 Mt ve 2050'de 15356 Mt CO_2 yakalaması tahmin edilmektedir (Fasihi vd., 2019). Bu bildiride, Gazi Üniversitesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği'nde yürütülmekte olan aynı adlı yüksek lisans tezinin en önemli aşamalarından biri olan avantaj, dezavantaj ve belirsizliklerin tespitindeki çıktılar verilmiştir. Çalışmada, yukarıdaki verilen çıktıları içerecek şekilde konuyla ilgili kamu, özel sektör, sivil toplum kuruluşları ve akademik topluluktan yetkililerle görüşmeler yapılacaktır. Sonrasında alınan bu görüşler, güncel gelişmeler ve literatürdeki gelişmeler ışığında bir nihai değerlendirme hedeflenmiştir.

KAYNAKLAR

AB, 2020. Fasıl 27: Çevre ve İklim Değişikliği (2020), https://www.ab.gov.tr/fasil-27-cevre_92.html (Erişim Tarihi: 1.12.20)

A. Kumar vd., 2015. "Direct Air Capture of CO2 by Physisorbent Materials," Angewandte Chemie International Edition in English (2015) s.14372-7.

CICERO, 2017. How much carbon dioxide can we emit?, 2017. https://www.cicero.oslo.no/no/posts/klima/how-much-carbon-dioxide-can-we-emit (Erişim Tarihi: 30.10.20)

D. Sanchez vd., 2018. Federal research, development, and demonstration priorities for CO2 removal in the United States, Environmental Research Letters (2018), https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaa08f

E. Sanz-Pérez vd., 2019. Direct Capture of CO2 from Ambient Air, Chemical Reviews (2016) s.11840-76.

EU, 2019. Direct Air Capture – DAC (2019), https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/factsheet_direct_air_capture_04.pdf (Erişim Tarihi: 4.12.2020)

Eurostat, 2020. Greenhouse gas emissions per capita (2020), https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/T2020_RD300 (Erişim Tarihi: 3.12.2020)

Fasihi vd., 2019. "Techno-economic assessment of CO2 direct air capture plants", Journal of Cleaner Production (2019), 224, 957-980.

ICEF Roadmap, 2018. Direct Air Capture of Carbon Dioxide, s.4. https://www.icef-forum.org/pdf/2018/roadmap/ICEF2018_DAC_Roadmap_20181210.pdf (Erişim Tarihi: 13.10.20)

IPCC, 2013. Fifh Assessment Report Working Group 1 – Informaton from Paleoclimate Records (2013), s.394. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter05_FINAL.pdf (Erişim Tarihi: 13.10.20)

IPCC1, 2018. Global Warming of 1,5°C: Summary for Policy Makers (2018), s.13. https://report.ipcc.ch/sr15/pdf/sr15_spm_final.pdf (Erişim Tarihi: 13.10.20)

IPCC2, 2018. Global Warming of 1,5°C: Summary for Policy Makers (2018), s.19. https://report.ipcc.ch/sr15/pdf/sr15_spm_final.pdf (Erişim Tarihi: 13.10.20)

L. Ribaldi vd., 2017. "Overview on Pressure Swing Adsorption (PSA) as CO2 Capture Technology: Stateof- the-Art, Limits and Potentials," Energy Procedia (2017) s.2390-400.

OECD, 2019). Climate Change, (2019), s.8. http://www.oecd.org/environment/environment-at-a-glance/Climate-Change-Archive-December-2019.pdf (Erişim Tarihi: 4.12.2020)

WMO, 2018. WMO Climate Statement: Past 4 Years Warmest On Record, https://public.wmo.int/en/media/press-release/wmo-climate-statement-past-4-years-warmest-record (Erişim Tarihi: 13.10.20)

KUANTUM NOKTA ARAYÜZ KATMANI KULLANILARAK PEROVSKİT GÜNEŞ PİLLERİNİN VERİMLİLİĞİNİN ARTIRILMASI

Eyup Ertuğrul KARAKUZULU
Düzce Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği, ertugrulkarakuzulu@gmail.com

Musa ÇADIRCI
Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği,
musacadirci@duzce.edu.tr (Sorumlu Yazar)

Özet
Perovstkite güneş hücreleri (PGH) verimli ve ekonomik olmalarından dolayı son yıllarda ciddi oranda ilgi görmektedirler. Bunun neticesinde son 10 yılda söz konusu hücrelerin verimlik oranı %3'den %25'e kadar yükselmiştir. PGH'nin hücre parametrelerini ve çevreye karşı dayanaklıklarını arttırılması için perovstkite katmanı, hole iletim katmanı (HTL), elektron iletim katmanı (ETL) ve arayüz katmaları için alternatif malzemeler sunulmuştur. Bu çalışmada, SCAPS 1D simülasyon programı kullanılarak ETL için tungsten tungsten disulfit, HTL için Cu_2O ve ayrıca verimliliği arttırması için perovstkite ile HTL katmanları arasına PbS kuantum nokta (KN) yerleştirilerek hücre parametreleri hesaplandı. KN arayüz katmanının kullanılması ile hücre verimliliği %24'den %27'ye kadar yükseldiği gözlemlendi.

Anahtar Kelimeler: Perovstkite Güneş Hücreleri, Kuantum nokta, SCAPS

ABSTRACT
Perovstkite solar cells (PGH) have attracted considerable attention in recent years due to their efficiency and cost-effectivity. As a result, the efficiency rate of these solar cells has increased from 3% to 25% in the last 10 years. Alternative materials have been introduced for the perovstkite layer, hole conduction layer (HTL), electron conduction layer (ETL) and interface layers to increase the cell parameters and environmental resistance of PGH. In this study, using the SCAPS 1D simulation program, the cell parameters were calculated using Tungsten disuphide for ETL, Cu2O for HTL, and also the PbS quantum dot (QD) layer was used in-between the perovstkite and HTL layers to increase efficiency. Using the QD interlayer, it was seen that the efficiency of the cell was increased from 24% to 27%.

Keywords: Perovstkite Solar Cells, Quantum dot, SCAPS

GİRİŞ
Perovskite güneş hücreleri (PGH), aktif katmanları organik-inorganik kurşun veya tin halide bazlı malzemeden oluşan tek perovstkite yapılı bileşik içeren güneş pilleridir. Üretimleri basit ve ucuz olan ince filmlerdir [1]. Perovstkite malzemelerinden üretilen ince film güneş hücrelerin verimliliği 2009 'da %3,8 iken 2020'de %25,5' e kadar yükselerek [2], silikon bazlı güneş pillerinde elde edilen maksimum verimliliği aşmıştır. Perovstkite ince film güneş hücrelerinde ilk baslarda hole iletim katmanı (HTL) olarak elektrolit çözeltisi kullanıldığı için verimliliği çok düşük seviyelerde idi. Elektrolit çözeltisi yerine katı HTL katman malzemelerin geliştirilmesi ile PGH cihazlarında verimlilik hızlı bir şekilde yükselmeye başladı.

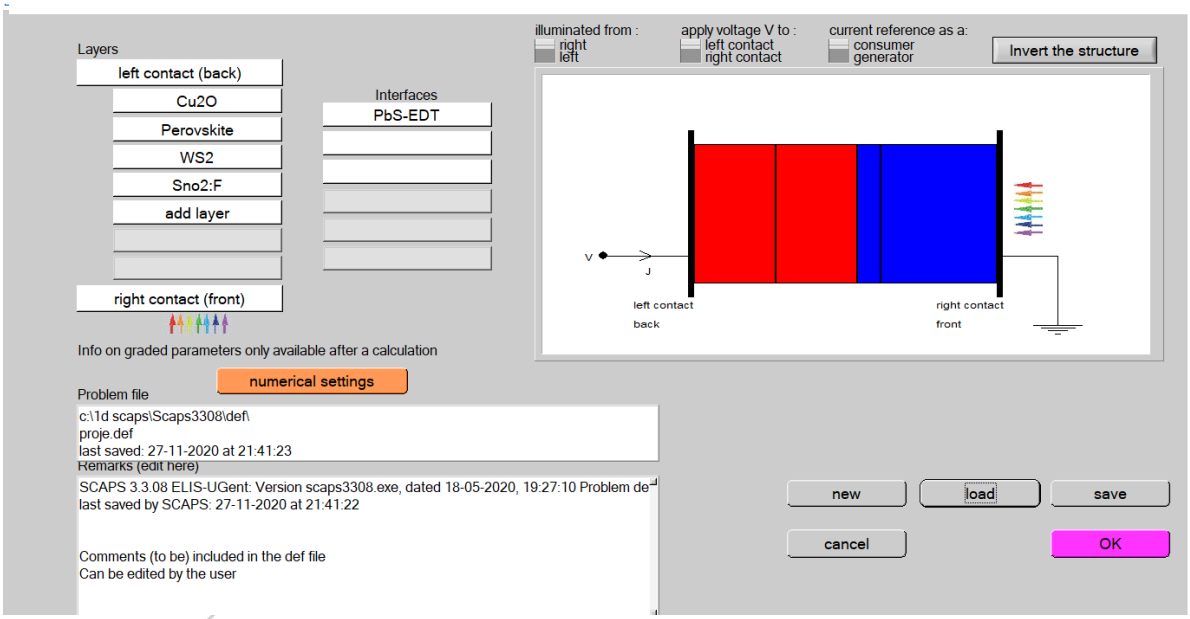
Perovskite malzemelerinde yük taşıyıcı (elektron ve boşluk) mobilite değerleri, difüzyon mesafeleri ve rekombinasyon zamanı diğer fotovoltaik teknolojilerde kullanılan malzemelerdekine göre çok yüksektir. Bundan dolayı PGH teknolojisinde elektron ve boşluklar minimum kayıplarla fotoakıma katkıda bulunurlar ve enerji dönüşüm verimlilikleri yüksek olur. Ayrıca perovskite malzemeleri fazla enerji absorbe etmeye sebep olan yüksek absorbsiyon sabitine, sahiptirler. Perovskite bazlı fotovoltaik teknolojilerinin üretim aşamaları yaygın kullanılan silikon bazlı fotovoltaik teknolojilerine göre daha basit ve ekonomiktir. PGH'lerinin günümüzdeki en belirgin dezavantajı çevre şartlarına dayanıklılıklarının az olmasıdır. Ayrıca PGH cihazlarında yük taşıyıcılar katman ara yüzeylerinde geçişler yaparken büyük oranda kayıplarla karşılaşmaktadır. Bu kayıpların azaltılması için birçok farklı yöntem önerilmiştir. Bunlar arasında en etkin olanı ise perovstkite katmanı ile HTL arasına ara yüz olarak çok ince bir KN katmanının konulmasıdır[3]. Bu katman daha fazla elektron ve boşluğun

rekombinsayonunu engellemektedir. Kuantum noktalar (KN) tanecik boyutuna bağlı olarak optik ve elektriksel özellikleri değiştiği için söz konusu nano-malzemeler birçok optoelektronik cihazlarda kullanılması öngörülmektedir. Bu çalışmada ara yüz olarak daha fazla hole iletebilmesi için[4] 1, 2-ethanedithiol tedavisi yapılmış kurşun sülfür PbS-EDT (KN) ara yüzü olarak formamidinium kalay iyodür ($FASnI_3$) perovskite katmanı ve HTM arasına çok az miktarda koyulmuştur. HTL olarak Cu_2O ve ETL olarak tungsten disulfit (WS_2) malzemeleri kullanıldı. WS_2 kullanılma sebebi, söz konusu ETL malzemesinin diğer malzemelere göre daha iyi sonuç verdiği ispatlanmıştır [5].

Bu çalışmada içeriğinde drift-difüzyon denklemleri kullanan 1D SCAPS simülasyon programı kullanılarak farklı koşullarda $FASnI_3$ ve Cu_2O arasına PbS-EDT ara yüzü yerleştirilerek PGH verimlikleri hesaplandı. Akım-gerilim grafiklerinden elde edilen açık devre gerilimi (V_{oc}), kısa devre akım yoğunluğu (J_{sc}), ve dolum faktörü (FF) gibi temel hücre parametreleri hesapladı.

2. SİMÜLASYON KOŞULLARI

Şekil 1'de görüldüğü gibi PGH yaygın yapısı olan cam alt tabaka üzerinde FTO/ETM/Perovskite/HTM/Au katmanları şeklinde modellenmiştir. ETM katmanında WS_2 ve HTM katmanında Cu_2O kullanılarak hücre oluşturulmuştur. Ön elektrot olarak FTO kaplamalı cam ve arka elektrot olarak altın (Au) metali kullanıldı. Tüm simülasyonlar oda sıcaklığında gerçekleştirildi. Hesaplama aşamasında kullanılan tüm malzemelerin parametreleri Tablo 1, 2 ve 3 'de listelenmiştir. Parametrelerin alındığı kaynaklar tablo yazılarında belirtilmiştir. Şekil 1, SCAPS 1D programının ara yüzünü ve PGH hücresinin katmanlarını göstermektedir.



Şekil 4. Simülasyonu yapılan PGH katmanların SCPAS ara yüzündeki görünümü.

Table 4. Simülasyonda kullanılan malzemelerin optik ve elektriksel parametreleri.[6][7][8][9][10][11]

PARAMETRELER	SnO2: F	WS_2	$FASnI_3$	Cu_2O
Kalınlık (nm)	500	100	350	350
Band aralığı (eV)	3,5	1.8	1.41	2.1
Elektron ilgisi (eV)	4	3,95	3.52	3.2
Bağıl Dielektrik geçirgenliği	9	13.6	8.2	7.11
İletim bandı etkin enerji yoğunluğu ($1/cm^3$)	2.2×10^{17}	2×10^{18}	10^{18}	2.2×10^{18}
Değerlik bandı etkin enerji yoğunluğu ($1/cm^3$)	2.2×10^{16}	1.8×10^{19}	10^{18}	1.9×10^{19}
Elektron termal hızı (cm/s)	10^7	10^7	10^7	10^7
Boşluk termal hızı (cm/s)	10^7	10^7	10^7	10^7
Elektron Mobilitesi (cm^2/Vs)	20	100	22	3.4
Boşluk Mobilitesi (cm^2/Vs)	10	100	22	3.4
Donör doping yoğunluğu ($1/cm^3$) (N_D)	1×10^{15}	1×10^{18}	0	0
Alıcı doping yoğunluğu ($1/cm^3$) (N_A)	0	0	$7x10^{16}$	10^{18}
Yüzey Kusur yoğunluğu ($1/cm^3$) (N_T)	1×10^{15}	10^{15}	2×10^{15}	10^{15}

Table 2. PbS-EDT ara yüzeyin parametreleri. [12]

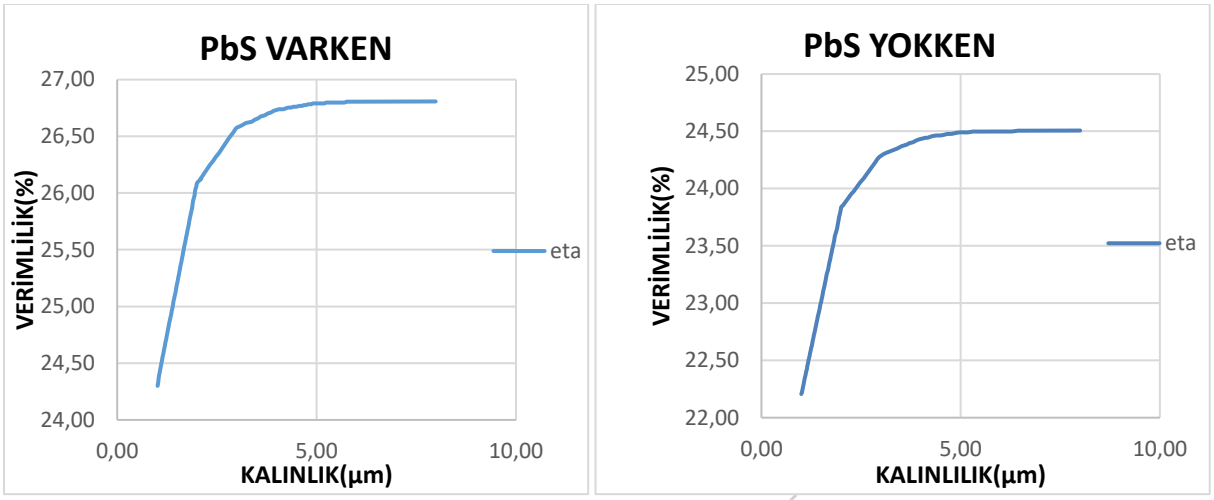
Parametreler	**PbS-EDT(Interface)**
Kusur çeşidi	Neutral
Elektron yakalama kesit alanı (cm^2)	1.2×10^{-13}
Hole yakalama kesit alanı (cm^2)	1.2×10^{-13}
Enerji dağılımı	Single
Kusur enerji seviyesi için referans (Et)	Above the highest E_V
Referansa göre enerji (eV)	0.5
Toplam yoğunluk (cm^{-2})	1×10^{16}

Tablo 3. PGH yapısında kullanılan üst ve alt elektrotların fiziksel parametreleri**.**

Elektriksel özellikler	Alt elektrot (FTO)	Karşı elektrot (Altın)
Termiyonik emisyon / yüzey rekombinasyonu elektron hızı (cm/s)	10^7	10^5
Termiyonik emisyon / yüzey rekombinasyonu Boşluk hızı (cm/s)	10^5	10^7
Malzeme çalışma fonksiyonu (eV)	4,4	5,1

SONUÇLAR

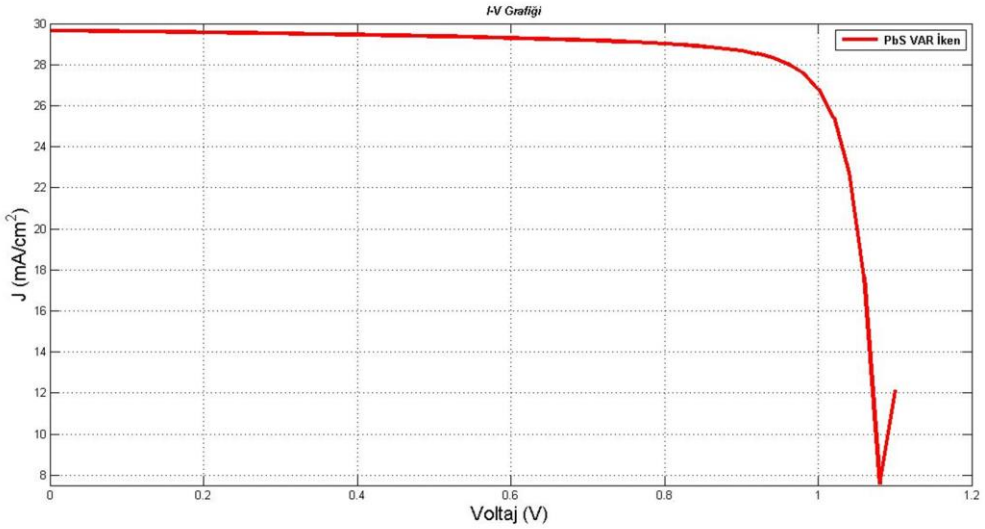
İlk olarak perovskite katman kalınlığının ve PbS-EDT ara yüzeyinin cihaz verimliliğine etkisini gözlemlemek için Sekil 2'de görüldüğü gibi PbS-EDT varlığında ve yokluğunda PGH verimliliği katman kalınlığına göre değişimi incelendi. Genel olarak her iki durumda da alınan katman aralığında hücre verimliliği perovskite katman kalınlığı ile orantılı bir şekilde arttığı görülmüştür. Bunun temel sebebi katman kalınlığı arttıkça daha fazla elektron ve hole üretilmekte ve malzemenin yük taşıyıcı difüzyon mesafesinden az olduğu için oluşan elektron ve hole cifti fotoakıma katkıda bulunmaktadırlar.



Şekil 2. PbS-EDT ara yüzün varlığında ve yokluğunda hücre verimliliğin perovstkite katman kalınlığına göre değişimi.

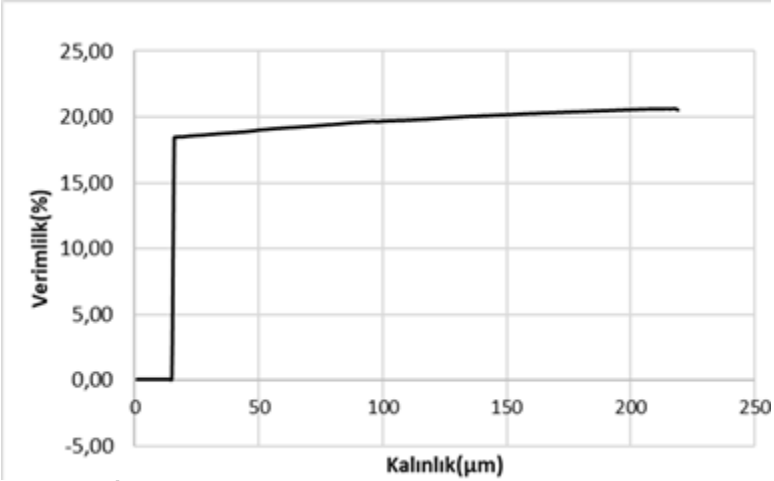
Diğer taraftan her iki grafiği karşılaştırdığımızda PbS-EDT ara yüz varlığında hücre verimliliğinin ciddi oranda arttığı görülmektedir. Verimlilik değeri KN ara yüz varlığında 2.97 µm perovstkite kalınlığında %26.5 seviyesine kadar arttığı görülmektedir. Söz konusu iyileştirmenin temel nedeni PbS-EDT nano malzemesinin boşlukları daha kolay ilettiğini ve Perovstkite/HTL arasındaki kayıpları ise minimize edildiğidir.

ETL katmanının fiziksel büyüklüğü ve sekli hücre verimliliği acısından önemli bir faktördür. Bu çalışmada elektronları iyi oranda ilettiği için ETL malzemesi olarak WS_2 malzemesi kullanıldı. Sekil 3'de PGH cihazının J_{sc} değerinin WS_2 katman kalınlığına göre değişimi görülmektedir. Maksimum J_{sc} değeri 0.6 µm civarında yaklaşık 25.7 mA/cm^2 doyum değerine ulaşıldığı görülmektedir. Diğer hücre parametreleri ETL katman kalınlığına göre değişimleri Tablo 4' de verilmiştir. Verimlilik (η) ve FF değerleri kalınlık arttıkça arttığını, V_{oc} değerinin ise baştayken kalınlık ile arttığı sonradan ise sabit kaldığı görülmektedir.



Şekil-3 PbS Varken J-V grafiği

Şekil 3'de görülen J-V grafiği genel perovskite hücremizin PbS varken ki J-Vgrafiğidir.Grafikte görüldüğü gibi Jsc değerimiz yaklaşık %30'dur.



Şekil 4 WS2 kalınlığa göre verimliliği

Şekil 4'de görüldüğü gibi kalınlık artıkça Eta(η) değeri arttığını gözlemlemekteyiz.Voc sabit kalırken,Jsc ve FF paremetreleri artmıştır.Kalınlık ilk başta sabit kalsa da daha fazla artıkça verimlilik (η) artmıştır. ETM katmanına geçen elektronların verimli bir şekilde fotoakıma katkıda bulunmasını incelemek için PGH'de ETM katmanı kalınlığını değiştirerek verimlilik(η) değişimi incelenmesi yapılmalıdır.ETM'nin WS2 kullanılmasının sebebi daha önceki araştırmalarda WS2'nin verimliliği(η) artırmasıdır.

SONUÇ

Farklı ETM ve HTM katmanları kullanıldığında, $FASnI_3$ perovskite bazlı güneş hücrelerinin fotovoltaik performansları teorik olarak hesaplandı. ETM katmanı olarak WS_2, HTM katmanı olarak da Cu_2O malzemesi kullanıldığında hücrenin en verimli sonucu verdiği gözlemlendi. PbS-EDT kullanımında hücrenin verimini artırdığı gözlemlendi ve maksimum verime (~%27) çıktığı görüldü. ETM kalınlığının artması hücre verimini artırdığı gözlemlendi. Bu çalışmada ki sonuçlar PGH çalışma mekanizmaları ve verimlilik arttırma stratejilerine ışık tutmaktadır.

TEŞEKKÜR
SCAPS-1D simülasyon programini bize sağladığı için Belçika Gent Üniversitesi Elektronik ve Bilgi Sistemleri (ELIS) Bölümü'nden Dr. Marc Burgelman'a içten teşekkürlerimizi sunmak isteriz.

KAYNAKLAR

[1] Chen, Po-Yen; Qi, Jifa; Klug, Matthew T.; Dang, Xiangnan; Hammond, Paula T.; Belcher, Angela M. (2014). "Environmentally responsible fabrication of efficient perovskite solar cells from recycled car batteries". Energy Environ. Sci. 7 (11): 3659–3665.
[2] Kojima, Akihiro; Teshima, Kenjiro; Shirai, Yasuo; Miyasaka, Tsutomu (May 6, 2009). "Organometal Halide Perovskites as Visible-Light Sensitizers for Photovoltaic Cells"
[3] Burschka, J. et al. Sequential deposition as a route to high-performance Perovskite-sensitized solar cells. *Nature* **499**, 316–319 (2013).
[4] Tooghi A., Fathi D., Eskandari M.Numerical study of a highly efficient light trapping nanostructure of perovskite solar cell on a textured silicon substrateScientific Reports, Volume 10, 2020
[5] J. Yun, Y. Noh, J. Yeo, Y. Go, S. Na, H. Jeong, et al.Efficient work-function engineering of solution-processed MoS2 thin-films for novel hole and electron transport layers leading to high-performance polymer solar cellsJ Mater Chem C, 1 (2013), pp. 3777-3783
[6] W. Ke, C.C. Stoumpos, I. Spanopoulos, M. Chen, M.R. Wasielewski, M. G. Kanatzidis, Diammonium cations in the FASnI3 perovskite structure lead to lower dark currents and more efficient solar cells, ACS Energy Lett. 3 (2018) 1470–1476,
[7] Antareddy, Sai Nithin R., Ian Mathews, Shijing Sun, Mariya Layurova, Janak Thapa, Juan-Pablo Correa-Baena, Rahul Bhattacharyya Tonio Buonassisi, Sanjay E. Sarma ve Ian Marius Peters. (2019).
[8] A. Hima, N. Lakhdar, B. Benhaoua, A. Saadoune, I. Kemerchou, F. Rogti, An optimized perovskite solar cell designs for high conversion efficiency, Superlattice. Microst. 129 (2019) 240–246
[9] Y. Nakano et al., "Optical bandgap widening of p-type Cu2O films by nitrogen doping," Appl. Phys. Lett., vol. 94, p. 022111, 2009.
[10] L. C. Olsen et al., Explanation for lowefficiency Cu2O Schottky barrier solar cells, Appl. Phys. Lett. vol. 34, p. 47, 1979. S. Jeong,
[11] "Thin zinc oxide and cuprous oxide films for photovoltaic applications," Ph.D. dissertation, The University of Minnesota, 2010.
[12] Zhou H, Chen Q, Li G, Luo S, Song TB, Duan HS, et al. Interface engineering of highly efficient perovskite solar cells. Science 2014;345(6196):542

AKILLI ŞEHİRLERDE ORMAN YANGINLARI ÖZELİNDE AFET VE ACİL DURUM YÖNETİMİ

Necmi Cemal ÖZDEMİR
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Elektrik Mühendisliği
necmi.ozdemir41@hotmail.com

İkram ÇELİK
İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü,Orman Yangınlarıyla Mücadele Şube Müdürü
ikramcelik@ogm.gov.tr

Özet
Akıllı Şehir Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca "Paydaşlar arası işbirliği ile hayata geçirilen, yeni teknolojileri ve yenilikçi yaklaşımları kullanan, veri ve uzmanlığa dayalı olarak gerekçelendirilen ve gelecekteki problem ve ihtiyaçları öngörerek hayata değer katan çözümler üreten daha yaşanabilir ve sürdürülebilir şehirler" olarak tanımlanmaktadır.

Akıllı Şehir Uygulamalarından Akıllı Çevre, Afet ve Acil Durum Yönetimi; Ekosistem varlıklarına sürdürülebilir, müreffeh ve kapsayıcı bir gelecek sunmak için fiziksel, dijital ve insani sistemlerin yapılandırılmış bir çevre ile etkin entegrasyonunun vazgeçilmez unsurlarıdır.

Günümüzde Şehirlerin yöneticileri hava, su, toprak, iklim değişikliği ile mücadele yönetimi ile şehrin tabiat varlıklarının korunarak çevre ve doğanın sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi ve çevre yönetiminin yeşil şehir planlamasının dikkate almak zorundadır.

Afet ve Acil Durum Yönetimi; önlem alınarak karşılaşılabilecek zararları azaltan, afet ve acil durumlara hazır olunmasını sağlayan, bir olay/durum gerçekleştiğinde müdahale eden afet ve acil durum verisini akıllı bir şekilde analiz edebilen ve normal yaşama dönüş sürecini kapsayan uygulama ve sistemler bütünüdür.
Orman Yangınları, küreselleşen dünyada etkileri ve sonuçları yönünden bütün ülkeleri ilgilendiren doğal afetlerin en önemlilerinden biridir. Orman yangını riski taşıyan yerleşim yerlerindeki yangın tehlikesini azaltma çalışmalarının önemli bir bileşeni, hem konutla hem de konutlar etrafındaki vejetasyon ile ilgili önlemler alınmasıdır. Doğal orman yangını tehlikeleri; yanıcı maddeler, hava halleri ve topoğrafya olmak üzere üç temel grupta sınıflandırılabilir. Bu üç grup, orman yangını davranışını kontrol etmede temel bileşenlerdir.

Yangınlara karşı hazırlıklı olma, bir yangının başladıktan sonra ortaya koyacağı potansiyelin azaltılmasına yönelik yapılan faaliyetlerdir. Bu faaliyetler, yangın öncesi yapılacak diri örtü temizliği, kontrollü yakma gibi yanıcı madde düzenlemeleri ile yangınla mücadelede kullanılacak kaynakların yangın öncesi organizasyon faaliyetlerini içerir. Bu amaçla tüm yangınla mücadelede kullanılacak ve insan, makina ve araç gereçler ile teknolojik ürünlerin tamamı planlanmalıdır. Bu plan ise Orman Yangın Yönetim Planıdır. Bu planlar Yangın Risk Haritalarının yanında Potansiyel Yangın Şiddeti, Yangın Yayılma Oranı, Tepe Yangını Potansiyeli, Yangın Tehlikesi Altındaki Yerleşim Alanları haritalarını da içermelidir.
Anahtar Kelimeler: Akıllı Şehir, Afet ve Acil Durum, Orman Yangınları, Yangın Yönetim

DISASTER AND EMERGENCY MANAGEMENT UNDER FOREST FIRES IN SMART CITIES

Abstract
Smart City is defined by the Ministry of Environment and Urbanization as more livable and sustainable cities that are implemented in cooperation with stakeholders, use new technologies and innovative approaches, based on data and expertise, produce solutions that add value to life by foreseeing future problems and needs.

Smart Environment and Disaster Emergency Management are indispensable elements of the effective integration of physical, digital, human systems with a structured environment to offer sustainable, prosperous and inclusive future to ecosystem assets.

Nowadays, city administrators have to take into account the green city planning of environmental management, ensuring the sustainability of the nature by protecting the natural assets of the city, air, water, soil.

Disaster and Emergency Management can intelligently analyze disaster and emergency data when an event occurs, and includes the process of returning to normal life. It reduces the damages by taking precautions, ensure preparedness for disasters and emergencies.

Forest Fires are one of the most important natural disasters concern all countries in terms of their consequences. An important component of the efforts to reduce the fire risk in settlements is taking measures regarding both the house and the vegetation around the houses. Natural forest fire hazards can be classified into three main groups; flammable substances, weather and topography which are essential components in controlling wildfire behavior.

Preparedness for fires is the activities performed to reduce the potential of a fire after it starts. These activities include arrangements like cover cleaning, controlled burning of flammable material, and pre fire organization activities of resources to be used in firefighting. For this purpose, all of the people, machinery, equipment, technological products to be used in firefighting should be planned in Forest Fire Management Plan. These plans should include potential fire intensity, fire spread rate, peak fire potential, fire risk maps of settlements.

Keywords: Smart City, Disaster and Emergency, Forest Fires, Fire Management Plan

2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmanın konusu Akıllı Şehirler planlaması yapılırken Afet ve Acil Durum Planları yapılırken nelere dikkat edilmesi ve planlamanın temel ilkeleri esas alınarak Ormanlık alanların orman yangınlarına karşı önleyici ve söndürme planlarının nasıl yapılması ve neleri içermesi gerektiği üzerinde durulmuştur.

Akıllı Şehirler konusunda konunun uzmanlarının yazıları, konuyla ilgili resmi ve yabancı kurumların görüşleri ve tanıımlamaları dikkate alınırken, Orman yangınları konusunda ise İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü İstanbul İli Yangın Yönetim Planı esas alınmıştır.

2.1. AKILLI ŞEHİRLER

2.1.1-Tanımlar:

Akıllı Şehir; Ekosistem varlıklarına sürdürülebilir, müreffeh ve kapsayıcı bir gelecek sunmak için fiziksel, dijital ve insani sistemlerin yapılandırılmış bir çevre ile etkin entegrasyonudur. **(PAS 180, 2014)**

Akıllı Şehir, çok paydaşlı, belediye odaklı ortaklık temelinde BİT tabanlı çözümler ile kamu sorunlarını çözme yaklaşımını benimseyen şehirdir. **(Avrupa Parlamentosu, 2014)**

Şehrin planlamasını, yönetimini, inşasını, akıllı hizmetleri kolaylaştıracak Nesnelerin İnterneti, Bulut Bilişim, Büyük Veri ve entegre Coğrafi Bilgi Sistemleri gibi yeni nesil bilgi iletişim teknolojilerinin uygulandığı yeni bir kavram ve yeni bir modeldir. **(ISO, 2014)**

"Paydaşlar arası işbirliği ile hayata geçirilen, yeni teknolojileri ve yenilikçi yaklaşımları kullanan, veri ve uzmanlığa dayalı olarak gerekçelendirilen ve gelecekteki problem ve ihtiyaçları öngörerek hayata değer katan çözümler üreten daha yaşanabilir ve sürdürülebilir şehirler" **(T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı)**

2.1.2 Akıllı **Şehir Yönetimi:**
1-Yönetişim**, 2-**Strateji Yönetimi, 3-Politika Yönetimi,4-Bütüncül Hizmet Yönetimi,5- İş Yönetimi:

2.1.3- Akıllı Şehir Uygulamaları:
Akıllı Çevre; Bilgi ve İletişim Teknolojileri desteği ile atık, hava, su, toprak, iklim değişikliği ile mücadele yönetimi ile şehrin tabiat varlıklarının korunarak çevre ve doğanın sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi ve çevre yönetiminin yeşil şehir planlamasının dikkate alınarak yapılması olarak tanımlanabilir.
Akıllı Güvenlik; teknolojiyi kullanarak, şehirlerde mevcut güvenlik hâline karşı oluşabilecek tehditlere yönelik olarak vatandaşları korumak ve kriz yönetimini sağlamak için tasarlanmış, şehir güvenliğinin ölçümlenmesi ve etkinliğinin sağlanması işlevlerinin bütünüdür.
Akıllı İnsan; Sosyal Altyapı; sosyal yapının temel taşlarını oluşturan eğitim, sağlık, kültür, turizm, sanat, spor ve sosyal yardımlar gibi insanın ve toplumun yaşam kalitesinin yükseltilmesine yönelik faaliyetler ve hizmetlerdir.
Akıllı Yapılar; bir şehirde yer alan tüm yapılar için toplumun; barınma kalitesi, konut kalitesi, yapı güvenlik önlemleri, yapı iklimlendirme ve enerji sistemleri gibi temel ihtiyaçlara akılcı ve teknolojik bir yaklaşımla dokunarak yaşam kalitesini artırmayı hedefleyen sistemleri içerir.
Akıllı Ekonomi; bir şehrin mikro ve makro boyutuyla ekonomik girdi, çıktı ve faaliyetlerinin akıllı endüstriler çerçevesinde ele alınmasıdır.
Akıllı Mekân Yönetimi; şehirlerin, deprem, sel, heyelan gibi can ve mal kaybına sebebiyet verecek doğal afetler karşısında dayanıklı olabilmesi, sosyal, kültürel ve ekonomik olarak yaşanabilir ve sürdürülebilir olması ile kentleşme ilkelerine uygun şekilde gelişmesi konularını ifade eder.
Akıllı Sağlık; yaşam kalitesini artırmayı hedefleyen, sağlık hizmetlerini iyileştiren, bireylerin sağlıkları ile ilgili farkındalıklarını artıran, sağlık verisini akıllı bir şekilde analiz edilmesini sağlayan uygulama ve hizmetlerdir.
Akıllı Yönetişim; analiz, planlama, uygulama ve politika yapımı gibi kamu yönetimi süreçlerinde şeffaflık, katılımcılık ve hesap verebilirlik prensipleriyle klasik kamu yönetimi yöntemlerinden farklı olarak daha hızlı, daha doğru ve etkin karar vermeyi sağlayan bir yönetişimi ifade etmektedir**.**
Bilgi Teknolojileri; Akıllı Şehir kapsamında Bilgi Teknolojileri, şehir yönetimi, enerji, ulaşım, altyapı gibi birçok hizmete yatay olarak destek veren durumdadır.
Akıllı Ulaşım; BİT destekli ve entegre ulaşım sistemleridir.
Akıllı Enerji; enerji ve kaynak açısından yüksek düzeyde verimli ve giderek artan bir şekilde yenilenebilir enerji kaynakları ile desteklenen, maliyet ve enerji tasarrufu sağlayan; iç görüye dayalı, kamusal değeri olan ve yenilikçi yaklaşımlara dayanan şebekeler ile enerjinin yönetimidir.
İletişim Teknolojileri; Akıllı Şehir kapsamında İletişim Teknolojileri; şehir yönetimi, enerji, ulaşım, altyapı gibi birçok hizmete yatay olarak destek veren durumdadır.
Bilgi Güvenliği; Bilgi Güvenliği kapsamında; teknoloji, sistem ve altyapıların (ağ, yazılım, cihaz, veri vb.) bütünsel olarak korunması ve ele alınması ile gelecek tehditlere hazırlıklı olunması amaçlanmaktadır.
Akıllı Altyapı; Akıllı Çevre, Akıllı Ulaşım ve İletişim Teknolojileri bileşenleri kapsamında kullanılan sensörlerle toplanan veriyi ileten, analiz eden, ölçen, izleyen ve daha gelişmiş performans ve kullanıcı deneyimi için kullanıcı talepleri ve çevredeki değişikliklere akıllı şekilde yanıt verebilen ve kamusal değer oluşturan sistemlerdir.
Coğrafi Bilgi Sistemleri; birçok sektörle mekânsal etkileşim olan coğrafi verinin; üretilmesi, temini, depolanması, işlenmesi, yönetilmesi, kıymetlendirilmesi, analiz edilmesi, paylaşılması, görselleştirilmesi, sunulması ve güncel tutulması için gerekli olan donanım, yazılım, insan kaynağı, standartlar ve yöntemler bütünüdür.
Afet ve Acil Durum Yönetimi; önlem alınarak karşılaşılabilecek zararları azaltan, afet ve acil durumlara hazır olunmasını sağlayan, bir olay/durum gerçekleştiğinde müdahale eden afet ve acil durum verisini akıllı bir şekilde analiz edebilen ve normal yaşama dönüş sürecini kapsayan uygulama ve sistemler bütünüdür.

2.2. AFET VE ACİL DURUM YÖNETİMİ
2.2.1-Afet ve Türleri: İnsanlar için fiziksel, ekonomik, sosyal ve çevresel kayıplar doğuran, normal yaşamı ve insan faaliyetlerini durdurarak veya kesintiye uğratarak toplulukları etkileyen, etkilenen

topluluğun yerel imkân ve kaynaklarını kullanarak baş edemeyeceği doğal, teknolojik veya insan kökenli olayların sonuçlarına afet denilmektedir. Dünya genelindeki doğal afetler ele alınınca, 31 çeşit doğal afetin 28 tanesini meteorolojik afetlerin oluşturduğu görülür. Doğal afetlerin çeşitleri ve önem sıraları ülkeden ülkeye de değişmektedir

Yavaş gelişen doğal afetler: 1. Şiddetli soğuklar,2. Kuraklık,3. Kıtlık vb.
Ani Gelişen Doğal Afetler: 1. Deprem,2. Seller, su taşkınları,3. Toprak kaymaları,4. Kaya düşmeleri,5. Çığ,6. Fırtınalar,7. Hortumlar,8. Volkanlar,9. Yangınlar vb.
İnsan Kaynaklı Afetler: 1. Nükleer, biyolojik, kimyasal kazalar,2. Taşımacılık kazaları,3. Endüstriyel kazalar,4. Aşırı kalabalıktan meydana gelen kazalar, 5. Göçmenler ve yerlerinden edilenler vb.

2.2.2- AFET YÖNETİM SİSTEMİ

Afet yönetimi kavramı afet sonucunu doğurabilecek olayların önlenmesi veya zararlarının azaltılmasını amaçlamaktadır.

Afetlere hazırlık, afetlerden sonra müdahale etme ve iyileştirme gibi çalışmaların tümünde yapılması gereken faaliyetlerin, toplumun tüm kesimlerini kapsayacak şekilde planlanması, yönlendirilmesi, desteklenmesi, koordine edilmesi, gerekli mevzuat ve kurumsal yapılanmaların oluşturulması veya yeniden düzenlenmesi ve etkin ve verimli bir uygulamanın sağlanabilmesi için toplumun tüm kurum ve kuruluşlarıyla kaynaklarının, bu ortak amaçlar doğrultusunda yönetilmesi" şeklinde ifade edilmektedir.

Tanımdan da anlaşılacağı üzere, genel yönetim yaklaşımından çok da farklı olmayan ancak konu özelinde yeniden değerlendirilmiş temel ilke ve amaçlara sahip olan afet yönetimi kavramı, dört aşamadan oluşmaktadır.1-Risk ve Zarar Azaltma Aşaması ,2-Hazırlık Aşaması, 3-Müdahale Aşaması, 4-İyileştirme Aşaması:.

Günümüzde meydana gelen hayli karmaşık afetler ve bunların sonuçları ile birlikte, afet yönetiminin çok aktörlü, çok disiplinli ve birden fazla amaca ulaşmayı hedefleyen yapısı, afet yönetimi çalışmalarının sadece afet sırasında ve sonrasında yapılacak müdahaleler ile sınırlandırılamayacağını açık bir şekilde göstermektedir. Bu nedenle, günün koşullarına uygun, modern ve bütünleşik bir afet yönetim sistemi için gerekli çalışmalar şöyledir:

Tüm tehlikeleri göz önüne almak, Tüm evreleri uygulamak, Tüm kaynakları kullanmak, Tüm birey ve kurumların bu çalışmalara katılmalarını sağlamak.

2.3- AKILLI ŞEHİRLER VE ORMAN YANGINLARININ YÖNETİMİ

Orman Yangınları, küreselleşen dünyada etkileri ve sonuçları yönünden bütün ülkeleri ilgilendiren doğal afetlerin en önemlilerinden biridir. Orman yangınlarında sadece ağaçlar değil, biyolojik çeşitlilik ve ekosistem de zarar görmektedir.

Tarihsel olarak ülkemizde orman yangınları öncesi bir yönetim veya orman yangınları tehlikesini azaltma faaliyetlerinden ziyade, çıkan orman yangınlarının söndürülmesine odaklanılmış bir orman yangınları yönetim politikası hâkimdir. Bu durum yangın rejimlerinde bir değişikliğe neden olmakta, alanları çoğunlukla yangına daha hassas olan rejimlere dönüştürmekte ve böylece büyük orman yangınlarının sayısını arttırmaktadır (Skinner ve Chang, 1996 ve Pyne, 1997'ye atfen McCaffrey, 2002; Neyişçi, 2009; Yılmaz ve ark., 2012).

Orman yangını riski taşıyan yerleşim yerlerindeki yangın tehlikesini azaltma çalışmalarının önemli bir bileşeni, hem konutla hem de konutlar etrafındaki vejetasyon ile ilgili önlemler alınmasıdır. Ormanlık ve makilik alanlar içerisindeki ve kenarındaki yerleşimlerde (orman içi ve kenarında köyler, villalar, tatil siteleri, pansiyonlar, turistik oteller, apart daireler, yayla yerleşimleri vb.) yer alan konutlar da, yoğun miktarda yanıcı madde içeren ortamlarda bulunmaktadır. Bu konutlar, hem kendi inşaatında kullanılan yanıcı maddelerin hem de konut çevresindeki orman vejetasyonuna ait yanıcı maddelerin ortak etkisiyle önemli bir orman yangınları yönetim sorunu oluşturmaktadır. (Yılmaz ve ark., 2017)

Orman yangını riski taşıyan yerleşim yerlerindeki yangın tehlikesini azaltma çalışmalarının önemli bir bileşeni, hem konutla hem de konutlar etrafındaki vejetasyon ile ilgili önlemler alınmasıdır. Böylece konutlardaki ve konut çevresindeki yanıcı madde yükü azaltılacak, konutların yangına dayanıklılığı arttırılacak ve yangınla savaşım kaynakları etkin şekilde kullanılmış olacaktır. (Yılmaz ve ark., 2017)

Sonuçta bu önlemler daha etkin bir orman yangınları yönetiminde önemli rol oynayacaktır. Bunun için öncelikle yangında can ve mal kaybının azaltılması açısından, orman yangını sırasında yapıların yanma riskinin değerlendirilmesi, yani orman yangınları tehlike oranlaması çalışmaları büyük önem arz etmektedir.

2.3.1-Tanımlar:
Orman Yangını: Ormanda bulunan yanıcı maddeleri (ağaçlar, dikili ve yatık kütükler, ot, ibre, yaprak, kuru ağaçlar ve dallar v.b.) kısmen veya tamamen yakan ve etrafının açık olması nedeniyle serbestçe yayılma (ve büyüme) eğilimi gösteren yangınlara "orman yangınları" denir.
Orman Yangını Türleri: 1.Toprak Yangını, 2.Örtü Yangını, 3.Tepe Yangını

2.3.2- Orman Yangınları Yönetiminde Tehlike Ve Risk Kavramları; Yangın tehlikesini kavramak ve orman yangınlarını önlemek için orman kaynakları yöneticileri-plancıları, yerel yönetimler, konut sahipleri vb. ilgi gruplarının "**Tehlike" ve "Risk**" kavramlarını tam olarak anlamaları gerekmektedir.

Orman yangınları terminolojisindeki "**Yangın Tehlikesi**"; Neyişçi ve ark. (1999) tarafından "kolaylıkla tutuşabilen ince kuru yanıcılarla, yangın şiddetini artıran ve söndürme güçlüğü yaratan kalın ve canlı yanıcı topluluğunun oluşturduğu tehlike" olarak tanımlanmıştır.

"**Yangın Riski**" ise, "değişik insan aktiviteleri ya da yıldırım gibi herhangi bir nedenin etkisiyle yangın çıkma olasılığı" olarak tanımlanmış olup, ihmal, dikkatsizlik ve kasıt şeklinde insan kaynaklı etkiler orman yangını riskini artıran faktörler olarak belirtilmektedir. (Neyişçi ve ark., 1999). Pyne ve ark. (1996) ise yangın riskini "tutuşma olasılığı" olarak ifade etmiştir.

Bir diğer tanımlamada Yangın Riski "bir faktörün varlığı ve aktivitesi ile belirlenen bir yangın başlama olasılığı" olarak belirtilmiştir (Gaylor, 1974'e atfen Dannenberg, 1983). Bu tanımlamalara göre Risk kavramı, Tehlike kavramının temel ilkesidir.

2.3.3-Yangın Davranışını Etkileyen Faktörler:
Yangın şiddetini gösteren iki yangın özelliği, yayılış oranı ve alev boyudur (uzunluğudur). **Yayılma oranı**, yangının büyümesini açıklamak için kullanılmaktadır. Yayılma oranı eğim dikliğinden, rüzgâr hızından ve yanıcı madde özelliklerinden etkilenmektedir. Hızlı ilerleyen bir yangın, söndürme ekipleri için güç bir durumu göstermekte olup, yangını kontrol altına almanın zorluğunu ve tehlikeli oluşunu ifade etmektedir (Albini, 1976). **Alev boyu**; yanan yanıcı maddenin boyuna ve sıklığına, eğimin dikliğine, canlı ve kuru yanıcı madde rutubetine, yangının yayılmasına ve diğer yanıcı madde özelliklerine (ince yanıcı maddelerin dizilişi ve miktarı gibi) bağlıdır (Radtke, 1981). Alev boyu, yangın yoğunluğunun da bir göstergesidir.

Bir kırsal gelişme alanında mevcut doğal orman yangını tehlikeleri; yanıcı maddeler, hava halleri (iklim) ve topoğrafya olmak üzere üç temel grupta sınıflandırılabilir. Bu üç grup, orman yangını davranışını kontrol etmede temel bileşenlerdir.
A-Yanıcı Maddeler: 1.Rutubet İçeriği, 2.Boyutu, 3.Miktarı, 4.Yoğunluğu, 5.Sürekliliği, 6.Tutuşabilirliği,
B-Topoğrafya: 1.Eğim,2.Bakı,3.Yükselti.
C-Hava Halleri (İklim) : 1.Rüzgâr, 2.Sıcaklık, 3.Bağıl Nem

2.3.4 -Planlama Birimi Orman Yangını Risk Ve Tehlikesinin Değerlendirilmesi
Orman yangınları, yangına bağımlı ekosistemlerde sistemin vazgeçilmez bir parçası olmasına ve ormanların sürekliliği ile ekolojik dengenin sağlanmasında en önemli ögelerden birini oluşturmasına

rağmen, her yıl binlerce hektar verimli orman alanının yanmasına ve ormana dayalı birçok değerden yeterince yararlanamamamıza daneden olmaktadır. Bunun için, yangın istatistikleriyle birlikte hava halleri, yanıcı madde ve topoğrafik yapıya bağlı olarak yangın davranışının tahmin edilmesi ve planlamaların da ona göre yapılması gereklidir.

Yangın Koruma ve Söndürme Organizasyonunun bilmesi gereken en önemli konulardan birisi, bir yerdeki yangın çıkma olasılığı ile çıkan bir yangının nasıl bir davranış sergileyeceğidir.

Yangın Risk ve Tehlikesi, orman yangınlarının çıkış, yayılma ve gelişimini etkileyen faktörlerin analiz edilmesi ile ortaya konulmaktadır. Bu analiz ve değerlendirmeler sonucunda, belirlenmiş bir alanda orman yangın risk ve tehlikesine ilişkin farklı yönetim faaliyetlerinin olası etkilerini Planlama Birimi yöneticilerine sunmak mümkün olabilmekte ve karar vericilerin kararlarını daha sağlıklı vermelerine yardımcı olunmaktadır.

2.3.4.1-Yangın Riskinin Değerlendirilmesi
Yangın risk potansiyeli; belirli bir alanda insan ya da doğal nedenlerin (yıldırım) varlığı ve etkisi ile belirlenen yangının başlama durumunun olasılığını ifade eder. Planlama ünitesinin yangın risk potansiyelinin belirlenmesinde dikkate alınan hususlar; meşcere özellikleri (Tür kompozisyonu), topoğrafik özellikler (eğim faktörü, bakı faktörü), yangın istatistik analizleri, nüfus yoğunluğu, yol ağı, tarım alanlarına yakınlık ve yerleşim alanlarına yakınlık olarak sıralanabilir. Bu alanlar daha sonra yangın yönetim zonlarının oluşturulmasında altlık olarak kullanılmalıdır

2.3.4.1.1 Yangın İstatistikleri
Mevcut istatistik veriler son 3, son 5 ve son 10 yıllık periyotlar için tespit edilerek gelişmeler takip edilmeli ve önlemler bu veriler dikkate alınarak alınmalıdır. Bu nedenle de yangın mahallinde bulunan ve yangı sonrası raporlamayı yapan idari ve teknik elemanların sağlıklı verileri girmesi konusunda gerekli eğitimlerin yapılması zorunludur.

2.3.4.1.2 Yangınların Konumsal Risk Analizi
Planlanan Alana ait elde edilen geçmiş orman yangınları verileri ile yoğunluk analizi (Kernel Density) gerçekleştirilmelidir. Faktör sınıflarına düşen yangın sayısı ile hesaplanan alansal oranların toplamı, çekirdek yoğunluk tahmini analizlerinde ağırlık değerleri olarak kullanılmalıdır.

2.3.4.1.3 Potansiyel Yangın Başlama Noktaları
Potansiyel yangınların çoğu, doğal kaynaklı yangınlardan ziyade insan faaliyetleri sonucu meydana gelmektedir.. Bu katman oluşturulurken yoğun kullanım alanları, asfalt ve orman yolları, tesisler, yerleşim alanları-Orman arakesiti, Ziraat alanları- Orman arakesiti, rekreasyon bölgeleri ve ENH'ları dikkate alınmalıdır.

2.3.4.2 Yangın Tehlikesinin Değerlendirilmesi: Yangın Tehlikesi, bir yangın durumunda, yanıcı maddelerin tipi, miktarı, istiflenme düzeni ve nemi gibi özelliklerine bağlı olarak, yangının kontrol altına alınabilme güçlüğü ve meydana getireceği zarar potansiyelini ifade eder.

2.3.4.2.1 Potansiyel Yangın Şiddeti: Bu katman, bir yangının birim yangın hattında açığa çıkardığı ısı enerjisini ifade eder. Değerler tahmini yayılma oranı ve yanıcı madde tüketimi değerlerine dayanmaktadır. Yangın şiddeti yangının kontrol güçlüğü ve ekolojik etkilerinin önemli bir göstergesidir.

2.3.4.2.2 Yayılma Oranı: Yangın yayılma oranı bir yangının birim zamanda yatayda kaydettiği mesafe olarak değerlendirilir. Girdi parametresi olarak Plan ünitedsi yanıcı madde tipleri ve meşcere eğim değerleri temel alınır.

2.3.4.2.3 Tepe Yangını Potansiyeli: Bu katman, mevcut orman ağaçlarının canlı tepe yanıcı madde yoğunluğuna bağlı olarak, tepe altı yüksekliği ve yanıcı maddenin yatay sürekliliği değerlendirilerek oluşturulur.

2.3.4.2.4 Yangın Tehlikesi Altındaki Yerleşim Alanları: Bu katman olası bir yangında tahrip ve zarar potansiyeline sahip yaşam alanlarını içermektedir. Bu alanlar, yangına hassas yanıcı maddelerin bulunduğu alanlar ve yangın çıkma ihtimali yüksek olan alanlar değerlendirilerek belirlenir. Değerlendirme sonucunda Orman Durumu ve Yakınlık parametreleri kullanılarak planlama ünitesindeki yerleşim alanları 3 veya 4 farklı hassasiyet kategorisine ayrılır. (Az, Orta, Yüksek ve Çok Yüksek)

2.3.4.3 Plan Ünitesi Orman Yangın Risk ve Tehlike Durumu

Orman yangın riskini hesaplarken riski oluşturan temel unsurlar dikkate alınarak risk haritaları oluşturulmaktadır. Plan ünitesi sınırlarında bulunan tüm ormanlık alanlarının 12 aylık risk haritaları ayrı ayrı olarak yapılmalıdır. Bu haritalar yapılırken Ağaç Türü, Meşcere Kapalılığı, Bakı, Sıcaklık, Nispi Nem, Yağış, Yerleşim yerlerine yakınlık, Yollar, Enerji Nakil Hatları ve son 5 yılda çıkmış orman yangınlar ağırlıklı olarak dikkate alınarak yapılmalıdır.

2.3.4.4 Yangınlara Karşı Hazırlıklı Olma

Yangınlara karşı hazırlıklı olma, bir yangının başladıktan sonra ortaya koyacağı potansiyelin azaltılmasına yönelik yapılan faaliyetlerdir. Bu faaliyetler, yangın öncesi yapılacak budama, diri örtü temizliği, kontrollü yakma gibi yanıcı madde düzenlemeleri, yangın emniyet yol ve şeritlerinin tesisi ve bakımının yapılması ile birlikte yangınla mücadelede kullanılacak kaynakların yangın öncesi organizasyon faaliyetlerini içerir. Bu kapsamda elde edilen veriler ışığında Planlama biriminde konuşlu ve planlama biriminde çıkabilecek bir yangına müdahale edebilecek en yakın müdahale araçları ve su kaynakları, yangın gözetleme kulelerinin, kameralarının konumu ve görünürlük analizi ile ormanın görülebilme potansiyeli değerlendirilmelidir.

Yangın tehlikesinin değerlendirilmesinde 4 değişken dikkate alınmalıdır.1.Potansiyel Yangın Şiddeti, 2.Yangın Yayılma Oranı,3-Tepe Yangını Potansiyeli,4. Yangın Tehlikesi Altındaki Yerleşim Alanları İncelenen 4 bileşen farklı katmanlar halinde CBS ortamında değerlendirilir. Her katmanın planlama biriminde yangın tehlikesi üzerine olabilecek potansiyel etkisi dikkate alınarak planlama birimi Yangın Yönetim Zonlarına ayrılır. Bu sayısal ağırlıklarla yangın tehlikesi Çok Düşük, Düşük, Orta, Yüksek ve Çok Yüksek olarak sınıflandırılarak uygulama bölgelerine ayrılır.

3.SONUÇ

Akıllı Şehir, şehirlerin geleceği için statik bir yaklaşım tarif etmemektedir. Daha ziyade, teknoloji ve verinin yenilikçi kullanımının, organizasyonel değişim ile birlikte ele alan, gelecekteki şehirler için daha etkin, etkili ve sürdürülebilir yollarla farklı dinamik şehir vizyonlarının sunulmasına yardımcı olabilecek yönlendirici hususları ele almaktadır. Bu kapsamda günümüzde akıllı şehir planlama ve bileşenlerinde orman yangınlarıyla mücadele kapsamında Yangın Yönetim Planlarının yapılması kaçınılmazdır. Bu planların yapılmasıyla birlikte;

Akıllı Şehirlerde orman yangınları tehlikesinin azaltılmasına yönelik şehir ve çevresinde konut sahiplerinin önlemler almaları konusunda teşvik edilmesi sağlanacaktır,
Orman yangınları tehlikesinin azaltılmasına yönelik konut ve çevrelerinde hangi önlemlerin alınması gerektiği belirlenecektir, orman yangınlarının tehlikeleri konusunda şehir sakinlerinin eğitilmesi sağlanacaktır,

Orman yangınları yöneticileri, yerel yönetime bağlı yangın yöneticileri, afet yönetimi çalışanları, sağlık kuruluşları-acil servis birimleri, plancılar vb. tarafından orman yangınları öncesinde etkili bir ön hazırlık ve planlama çalışması yapılabilecektir,

Orman içi ve kenarı yerleşimlerdeki konut inşaatlarına başlanabilmesi için alınacak inşaat ruhsatlarında, inşaat izinlerinin verilmesine yönelik karar verme sürecinde kullanılabilecek bir model elde edilecektir

Orman içi ve kenarı yerleşimlerdeki konutların yangın sigortası esaslarının belirlenmesinde yardımcı olabilecektir.

Yerel yönetimlerin ve yöre insanının merkezi yönetim organizasyonu ile uyumlu çalışma ve destek olma imkanları doğacaktır.

4. TARTIŞMA

Orman Yangınlarına karşı hazırlıklı olmak ona uygun bir yaklaşımı ve yönetim tarzını gerekli kılmaktadır. Orman yangınlarına karşı temel yaklaşımın yangın önleyici tedbirler olması olmalıdır. Önleyici tedbirler başta olmak üzere çıkabilecek yangınlara hazırlıklı olma, yangın yönetim planları oluşturma, gerekli işlemleri yapma ve denetleme konusunda yoğun çalışmalar yürütmelidir.

Orman yangınlarının önlenmesi, çıkan yangınların zararlarının hafifletilebilmesi ve sahip olduğumuz mücadele gücünün en verimli şekilde kullanılabilmesi planlama ile mümkündür.

Akıllı Şehirlerde yapılacak bu çalışmada gerçekleştirilen analiz ve değerlendirmeler ışığında ortaya konulan yangın tehlike ve risk haritaları, yangın yönetim zonları ve bunlara ilişkin faaliyet ve uygulamalar çerçevesinde yangınların önlenmesi, yangınlara karşı hazırlıklı olma ve yangınla mücadele faaliyetleri gerçekleştirilecektir.

Ziraat-Orman, İskân-Orman arakesitlerinde yanıcı madde azaltma çalışmaları gerçekleştirilecek, olası bir yangının ormana sirayet etmesinin önüne geçilecektir.

Yangın risk ve tehlikesinin yüksek olduğu yerlerde 20-30 metrelik tampon zonlarda yangın tehlikesini azaltmaya yönelik yanıcı maddenin kontrollü olarak azaltılması ve yanıcı madde dikey sürekliliğinin kırılması amacıyla çalışmalar yapılmalıdır.Ayrıca bu zon içerisinde yer alan yerleşim alanları içi ve civarında yangın risk ve tehlike potansiyelin göre belirlenecek 20-50 m'lik tampon zonlarda yanıcı madde temizliği gerçekleştirmek çok önemlidir.

KAYNAKLAR

ALBINI, F. A., 1976: Estimating Wildfire Behavior and Effects, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, General Technical Report GTR INT-30, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Ogden, Utah, UT 84401, USA, pp: 92.

BİLGİLİ, E., 1998: Yangın Amenajman Planlamalarında Yanıcı Madde Amenajmanının Rolü. Orman Yangınları Politikası ve Planlaması Eğitim Kursu, Ankara.

COHEN J.D., 1995: Structure Ignition Assessment Model (SIAM). In 'The Biswell Symposium: Fire Issues and Solutions in Urban Interface and Wildland Ecosystems', 15–17 February 1994, Walnut Creek, CA. USDA Forest Service, General Technical ReportPSWGTR-158, pp. 85–92. Available at http://www.nps.gov/fire/download/pub_pub_SIAM.pdf [Ziyaret Tarihi: 22 February 2010].

DANNENBERG, M.R., 1983: Fire Protection in the Wildland/Urban Interface: A Montana Viewpoint. University of Montana, Master of Forestry, 98 pages, Montana, USA.

GAYLOR, H.P., 1974: Wildfires-Prevetion and Control. Robert Brady Comp., Bowie, Maryland, pp:2-9.

İOBM,2018. İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü, İstanbul İli Yangın Yönetim Planı (2018-2022) (s. 43-51)

İOBM,2019. İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü, 2019 yılı Yangın Eylem Planı (s.16-17)

McCAFFREY, S. M., 2002: For Want of Defensible Space a Forest is Lost: Homeowners and the Wildfire Hazard and Mitigation in the Residential Wildland Intermix at Incline Village, Nevada, University of California, Wildland Resource Science, Berkeley, USA, pp: 300.

NEYİŞÇİ, T., 2009: Orman Yangını Yönetiminin Bir Aracı Olarak Yanıcı Yönetimi. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, I. Orman Yangınlarıyla Mücadele Sempozyumu, 07-10 Ocak 2009, Tebliğler Kitabı, Sayfa: 249-255, Antalya

NEYİŞÇİ, T., Y. AYAŞLIGİL, S. SÖNMEZIŞIK, 1999, Yangına Dirençli Orman Kurma İlkeleri. TÜBİTAK Togtag -1342, TMMOB Orman Müh. Odası Yayın No:21. Ankara.

PYNE, S. J., 1997: Fire In America: A Cultural History of Wildland and Rural Fire. University of Washington Press, Seattle, USA, pp: 79.

RADTKE, K., 1981: Living More Safely at the Chaparral-Urban Interface. Written for USDA Forest Service, Pasific Southwest For. And Range Exp. Sta., Berkeley, California, 101 pages, USA.

SKINNER, C. N., CHANG, C. R., 1996: Fire Regimes, Past and Present. In Sierra Nevada Ecosystem Project: Final Report to Congress, Volume: 2, Centers for Water and Wildland resources, UC-Davis, Davis, CA, USA, pp: 1041–1069.

STATE OF UTAH, 1978: Wildfire Hazards and Residential Development: Identification, Classification, and Regulation. Dep. Of Nat. Res., Section of Forestry and Fire Control, Salt Lake City, Utah, 82 pages, USA.

YILMAZ, E., KOÇAK, Z., COŞGUN, U., AY, Z., BİLGİN, F. ve İ. ŞAFAK, 2012: Orman Yangınları Yönetiminin Bütünleyici Karmaşıklık Yöntemiyle Değerlendirilmesi. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, DOA Yayın No: 67, Teknik Bülten No: 41, 124 sayfa, Tarsus.

ASSESSING THE GENOTOXIC EFFECTS OF D-GLUCOSE AND SUCROSE IN *DROSOPHILA MELANOGASTER*

Fatma TURNA DEMİR
Antalya Bilim University / Vocational School of Health Services/ Medical Laboratory Techniques Programme
fatma.demir@antalya.edu.tr , ORCID: 0000-0001-8045-8641

Abstract
D-Glucose is a monosaccaride (simple sugar) which is very crucial in energy cycles in different biological model systems. Sucrose is videly used a disaccharide and known as table sugar. Also, these two sugars are link to different health problems in case of long term comsuming. This study aims to investigate potential genotoxic effects and Reactive Oxygen Species (ROS) production levels of high D-Glucose and Sucrose intake by oral route in *Drosophila melanogaster*. Somatic Mutation and Recombination Test (SMART) and Comet assays were used to determine genotoxic effects. The alkaline Comet assay is an easy and sensitive assay for determining different kinds of DNA damage (for example alkali-labile sites, single-strand DNA breaks and DNA cross-links) which can be used in various eukaryotic cells. The Comet assay and ROS analysis were used by *Drosophila* hemocytes, which share the same task with lymphocytes in mammalian organisms, serve as a realistic *in vivo* model. While *Drosophila* wing imaginal disc cells of *flare-3* (*flr*^{3}) ve multiple wing hairs (*mwh*) *Drosophila* lines were used for SMART assay, hemocytes of Oregon R$^+$ line was used for Comet assay and ROS analyses. Third instar larvae (72 ± 4 hours old) of *Drosophila* were orally exposed to different concentration (0.1, 1, 10, and 50 mM) of D-Glucose and Sucrose. For statistical analyses MICROSTA Package Programme was used for SMART assay, while *t* test was used for Comet assay. Also, ImageJ program was used for ROS analysis. The results of Comet and SMART tests indicated that the highest concentrations of D-Glucose (50 mM) and Sucrose (50 mM) significantly induction of genotoxicity. The all studied concencentrations of D-glucose and Sucrose significantly induced ROS levels in concentration-dependent manner.

Keywords: *Drosophila melanogaster*, D-Glucose, Sucrose, Genotoxicity, Hemocytes, SMART, Comet

1. INTRODUCTION

D-Glucose ($C_6H_{12}O_6$) (dextrose) is a monosaccaride which is very crucial in energy cycles in different biological model systems. Sucrose is videly used a disaccharide and known as table sugar. Also, these two sugars are link to different health problems in case of long term comsuming. Lastly, new approach rise about the cancer metabolism and it covers the phenomenon about increased consume of glucose for cancer cells. This idea was originated from a study of Warburg and colleagues (Warburd et al., 1927; Warburg 1956; Turgeon et al., 2018). As commonly known pathways of DNA repair and DNA damage are critical in development of cancer. Alteration of cellular metabolism cause to genomic instability and rised mutation rate (Chae et al., 2016). Oxidative DNA damage can be induced by Reactive Oxygen Species (ROS). Oxidative stress takes the lead as a triggering factor in the regulation of toxicological and genotoxical effects of some materials such as nanomaterials (Alaraby et al., 2020; Demir and Marcos, 2017). So, it's very important to asses intracellular ROS level (Turgeon et al., 2018). Glucose plays proeminent role in energy cycle in human but, some previous studies showed that high glucose increased oxidative stress in different cell lines such as umbilical vein endothelial cells (Quagliaro et al., 2003), renal proximal tubule cells (PTCs) cultured cells (Han et al., 2005), cultured neuronal cells (Lelkes et al., 2001) and human breast adenocarcinoma (MCF-7) cells (Tchounwou et al., 2014). Also, in literature other reports figured out various endpoints obtained from studies assessing the harmful effect of high glucose exposure. For example, according to s study in coronary artery smooth muscle cells high glucose inhibits apoptosis (Sakuma et al., 2002). Sucrose is videly used a disaccharide and known as table sugar. Also, these two sugars are link to different health problems in case of long term comsuming (Seely and Horrobin, 1983; Tappy and Lê, 2010). According to literature high concentration of sucrose consuming cause increased somatic mutation level and the DNA adduct levels in the rat colon epithelium (Hansen et al., 2008). Taking together with conflicted results, the current study aimed to understand potential genotoxic and ROS induction effects of D-glucose and Sucrose with *Drosophila*

melanogaster. Comet assays and Drosophila wing spot test (Somatic Mutation and Recombination Test - SMART) were used to determine genotoxic effects. The alkaline Comet assay is an easy and sensitive assay for determining different kinds of DNA damage which can be used in various eukaryotic cells (Singh et al., 1988). The Comet assay and ROS analysis were used by Drosophila hemocytes, which share the same task with lymphocytes in mammalian organisms, serve as a realistic *in vivo* model (Wang et al., 2014). While Drosophila wing imaginal disc cells of flare-3 (*flr*^{3}) ve multiple wing hairs (*mwh*) Drosophila lines were used for SMART assay, hemocytes of Oregon R+ line was used for Comet assay and ROS analyses. Three day-old larvae (3rd instar larvae) of Drosophila were orally exposed to different concentration (0.1, 1, 10, and 50 mM) of D-Glucose and Sucrose.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Drosophila Strains

Different two (*mwh* and the *flare-3* strain) *Drosophila melanogaster* strains (lines) were utilized in order to conduct SMART (Lindsley and Zimm, 1992). The Oregon R+ which is wild-type strain was used for both Comet assay and 2′,7′-dichlorodihydrofluorescein diacetate (DCFH-DA) assay. These strains were culture as detailed in previous studies (Demir et al., 2014).

2.2. Somatic Mutation and Recombination Test (SMART)

This test depend on the loss of heterozygosity in the somatic cells of exposed larvae (Graf et al., 1984). Collected virgin female individuals of *flare-3* and *mwh* males were crossed and then during 8 h eggs from this crossing were collected. After 3 day (72 ± 4 h) Drosophila larvae were collected under water and relocated to new vials which included instant medium and exposed with 9 ml of D-Glucose and Sucrose (0.1, 1, 10 and 50 mM) concentrations, distilled water and EMS (Ethyl methanesulfonate - EMS, positive control) (Demir et al., 2014). Distilled water was used as negative control and dissolving solution of sugars and EMS. These larvae were fed with that exposed medium until the pupa stage and after the exposed flies become adults were picked up and keept in 70% ethanol in refrigator (4 ºC). For conducting microscope examination, Wings of the flies were cut in Faure's solution and fixed on slides and then wings of the flies were examined and counted the clones. These clones reflect defected wing hairs. Three types of spots were searched and detected (Demir et al., 2011). Recombination percentage that produced by the exposed concentrations was computed as mentioned by Frei and Würgler (1995).

2.3. Comet Assay using hemocytes of Drosophila

For DNA damage analyses in Drosophila hemocytes protocol of Demir and colleagues (2014) was used. Oregon R+ 3 d-old larvae (72 ± 4 h) were exposed to test compounds and controls (distilled water and EMS) with instant medium. These larvae were fed with exposed medium for 1 day (24 ± 2 h). Hemocytes collection steps of Carmona and colleagues (2011) was followed. After 24 h later from the exposure larvae were washed by water and sterilized. By the help of two thin tweezers the cuticle of larvae was distured under stereo microscope. So, haemocytes and haemolymph were pooled in cold Phosphate Buffered Saline (PBS) solution [(with 0.07% PTU (1-Phenyl-2-thiourea)] and transfered to ependorf tubes and the centrifuged. After this step our previos protocol (Demir et al., 2014) was followed in terms of hemocyte layering to microscope slides, incubating lysis solution [(without Dimethyl sulfoxide (DMSO)], unwinding, and neutralizing steps. DMSO was not used for avoiding the cytotoxicity in Drosophila tissues (Mukhopadhya et al., 2004; Siddique et al., 2005). For examining of DNA damage in fluorescence microscope ethidium bromide (EtBr) solution (60 µg/ml) was applied to the slides for 10 min and take images at 400X magnification. Hemocytes were scored using CaspLab Software and measured Tail DNA in percentage (Tail DNA%). For each concentration 100 representative hemocytes are manually selected to be scored per concentration. For data analysis Tail DNA % is recommended to comet assay (Kumaravel and Jha, 2006).

2.4. Intracellular oxidative stress (ROS) detection

Intracellular ROS levels were measured in Drosophila larvae's hemocytes after D-Glucose and Sucrose (0.1, 1, 10 and 50 mM) exposure. Protocol of Demir and Marcos (2017) was followed. The production of ROS was evaluated in with the 2′,7′-dichlorodihydrofluorescein diacetate assay (DCFH-DA). According to protocol of Alaraby et al. (2020), Oregon R+ 3 d-old larvae (72 ± 4 h) were exposed to test compounds and controls and 24 ± 2 h later these larvae were collected. Hemocytes were obtained

in cold PBS. After this step, collected hemocytes were mixed with ROS dye (5 µM DCFH-DA) and applied to microscope slides during 30 min in room temperature (24 °C). Then, results were examined with a fluorescence microscope. Representative fluorescence images, all exposed larvae, were scored using ImageJ software.

2.5. Statistical analysis

For each assay, mean ± standard error was calculated. Comet assay was assessed by Student's *t*-test with SPSS 20 (SPSS, Chicago, IL). Non-parametric Mann–Whitney U-test with SPSS 20 were applied for ROS analyses. MICROSTA Package Programme was used for SMART assay analyses. Data were assessed statistically ($p<0.05$).

3. RESULTS

The results obtained in SMART for the genotoxic evaluation of D-Glucose are shown in Table 1 and Sucrose are shown in Table 2. Among the exposed concentration of D-Glucose and Sucrose, only the highest concentration (50 mM) induced significant increases in the small, large, total *mwh* and total spots frequency. As a positive control, EMS significantly increases the mutant clones frequency. These data were depend on scoring of trans-heterozygous flies. The results of Comet assay are shown in Figure 1. Results of Comet Assay indicated that the highest concentrations of D-Glucose (50 mM) and Sucrose (50 mM) significantly induction of genotoxicity. Also, the all studied concencentrations of D-glucose and Sucrose significantly induced ROS levels in concentration-dependent manner (Figure 2).

Table 1. Results of D-Glucose exposure in the Drosophila SMART

Test Compound (mM)	Number of wings (N)	Small single spots (1-2 cells) (*m*=2)			Large single spots (> 2 cells) (*m*=5)			Twin spots (*m*=5)			Total *mwh* spots (*m*=2)			Total spots (*m*=2)			Frequency of clone formation per 10^5 cells
		No	Fr	D	No	Fr	D	No	Fr	D	No	Fr	D	No	Fr	D	
Distilled water	80	6	(0.08)		1	(0.01)		1	(0.01)		8	(0.10)		8	(0.10)		0.41
1 mM EMS	80	57	(0.71)	+	66	(0.83)	+	10	(0.13)	+	103	(1.29)	+	133	(1.66)	+	6.81
0.1	80	7	(0.09)	-	1	(0.01)	-	3	(0.04)	i	11	(0.14)	i	11	(0.14)	i	0.56
1	80	9	(0.11)	i	2	(0.03)	i	0	(0.00)	-	11	(0.14)	i	11	(0.14)	i	0.56
10	80	10	(0.13)	i	1	(0.01)	-	0	(0.00)	-	11	(0.14)	i	11	(0.14)	i	0.56
50	80	13	(0.16)	+	8	(0.10)	+	0	(0.00)	-	18	(0.23)	+	22	(0.28)	+	1.13

No: number, Fr: frequency, D: statistical results according to Frei and Würgler (1988), +: positive, -: negative, i: inconclusive, m: multiplication factor, probability levels $\alpha = \beta = 0.05$. Wing of forty individuals (80 wings) were assesed for each concentration.

Table 2. Results of Sucrose exposure in the Drosophila SMART

Test Compound (mM)	Number of wings (N)	Small single spots (1-2 cells) (*m*=2)			Large single spots (> 2 cells) (*m*=5)			Twin spots (*m*=5)			Total *mwh* spots (*m*=2)			Total spots (*m*=2)			Frequency of clone formation per 10^5 cells
		No	Fr	D	No	Fr	D	No	Fr	D	No	Fr	D	No	Fr	D	
Distilled water	80	6	(0.08)		1	(0.01)		1	(0.01)		8	(0.10)		8	(0.10)		0.41
1 mM EMS	80	57	(0.71)	+	6	(0.83)	+	10	(0.13)	+	103	(1.29)	+	133	(1.66)	+	6.81
0.1	80	8	(0.10)	i	3	(0.04)	i	0	(0.00)	-	11	(0.14)	i	11	(0.14)	i	0.56
1	80	3	(0.04)	-	4	(0.05)	i	0	(0.00)	-	7	(0.09)	-	7	(0.09)	-	0.36
10	80	12	(0.15)	i	2	(0.03)	i	0	(0.00)	-	14	(0.18)	i	14	(0.18)	i	0.72
50	80	15	(0.19)	+	5	(0.06)	+	0	(0.00)	-	20	(0.25)	+	20	(0.25)	+	1.03

No: number, Fr: frequency, D: statistical results according to Frei and Würgler (1988), +: positive, -: negative, i: inconclusive, m: multiplication factor, probability levels $\alpha = \beta = 0.05$. Wing of forty individuals (80 wings) were assesed for each concentration.

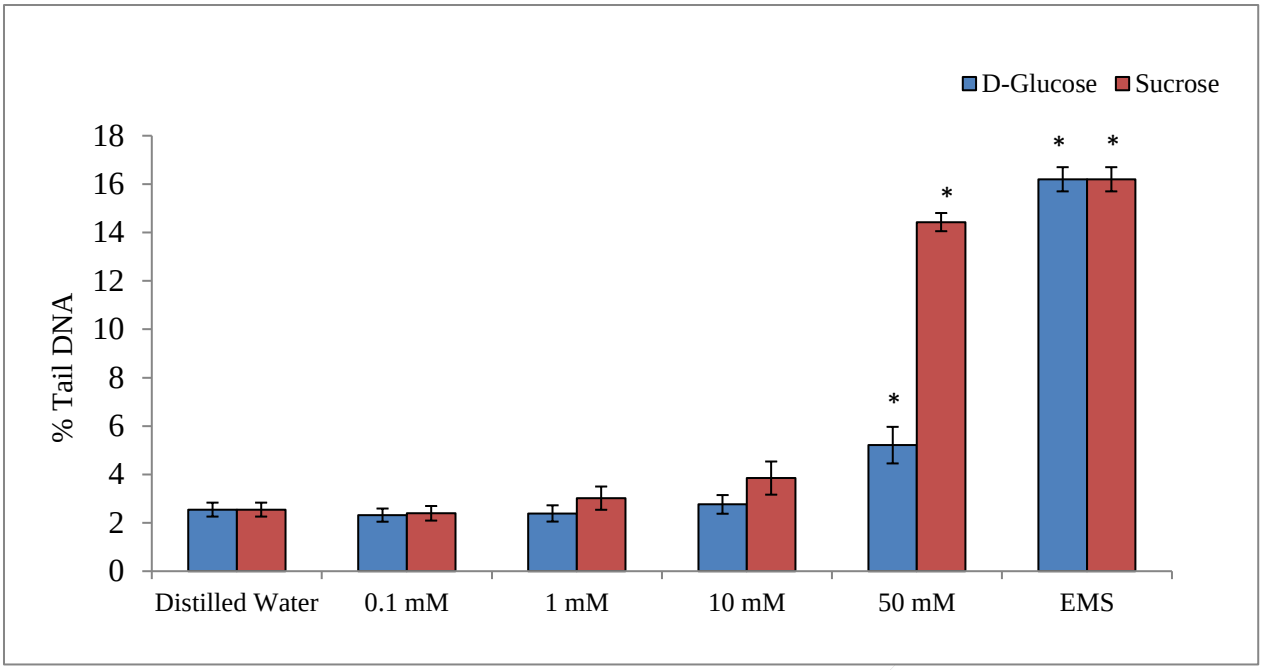


Figure 1. Genotoxicity of D-Glucose and Sucrose in the Drosophila Comet Assay. Mean±standard error used for DNA Tail % in hemocytes of *D. melanogaster.* Student's t test (*p < 0.05) was used. *D*-Glucose and Sucrose as compared to distilled water (negative control). EMS used as positive control.

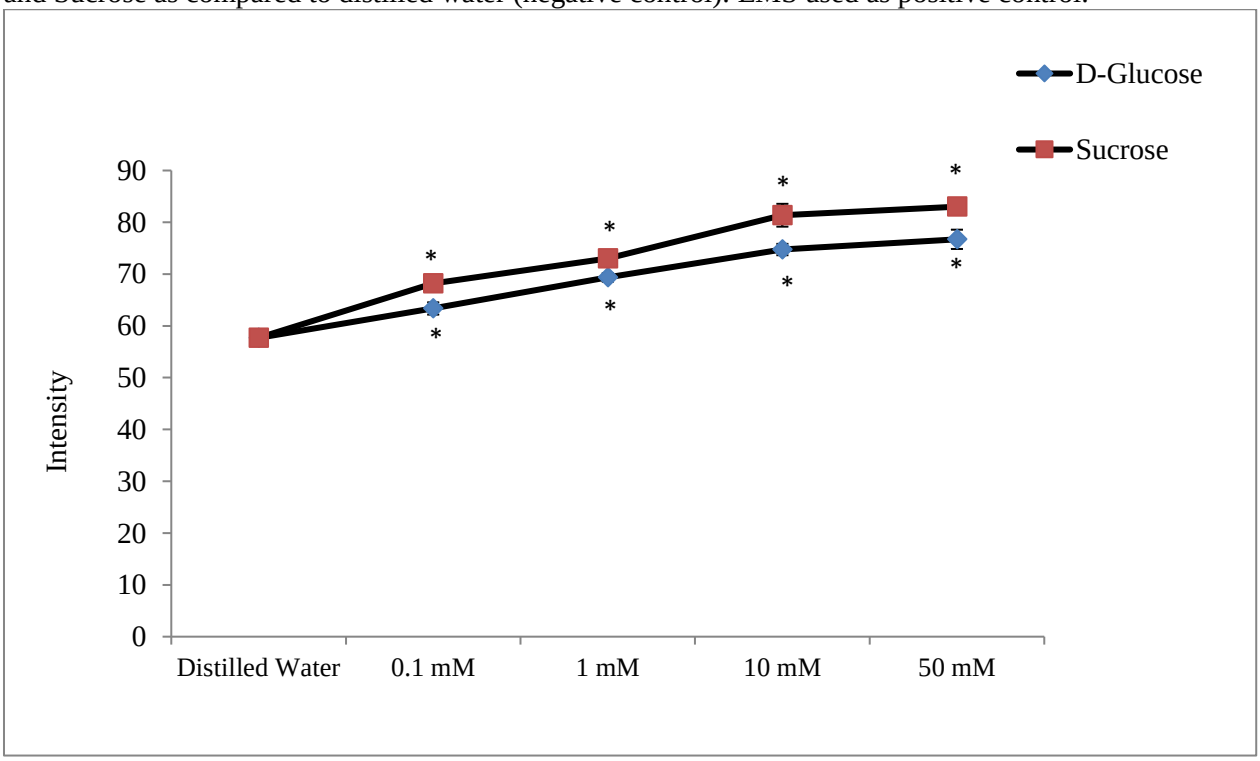


Figure 2. ROS level results of D-Glucose and Sucrose in the Drosophila DCFH-DA Assay. Mean±standard error used for intensity of ROS in hemocytes of *D. melanogaster*. Mann Witney-U (*p < 0.05) test was used. D-Glucose and Sucrose as compared to distilled water (negative control).

4. DISCUSSION

Experimental data obtained from Drosophila wing spot test namely SMART showed that only the highest concentrations (50 mM) of D-glucose and Sucrose induced total spots frequency. Similarly, the Comet assay results were pointed out that only the highest concentrations (50 mM) of D-glucose and Sucrose induced DNA damage in Drosophila hemocytes. Also, ROS the all studied concencentrations

(0.1, 1, 10 and 50 mM) of D-glucose and Sucrose significantly induced ROS levels in concentration-dependent manner. ROS have critical roles in various biological pathways such as DNA damage (Ha and Lee, 2000; Alaraby et al., 2020; Demir 2020) levels. Increased ROS level leads DNA damage leads by the way excessive burden on the DNA repair machinery (Turgeon et al., 2018). As known, two potential sources of oxidative stress induced by hyperglycemia are involve auto-oxidation of glucose and ROS produced by mitocondria (Ha and Lee, 2000; Inoguchi et al., 2000). Excessive oxidative stress is the fundamental determinant in DNA damage, so the highest concentration (50 mM) of D-glucose and Sucrose are genotoxic in the current study. Similarly with the results, numerous previous study demonstrated that D-Glucose exposure can induce genotoxic and ROS induction effects on the different cell lines (Quagliaro et al., 2003; Han et al., 2005; Lelkes et al., 2001; Tchounwou et al., 2014) and these two sugars exposure capable to induce mutation rates and DNA adducts in colon of rats (Hansen et al., 2008).

5. CONCLUSION

General conclusion, results show that high D-Glucose and Sucrose exposure induces genotoxic effects in fruit fly as an *in vivo* model and including oxidative stress. Although no genotoxic effect was observed at low concentration, an increase in ROS levels was observed. Because ROS have the ability to regulate many biological mechanisms within the cell, it is considered necessary to evaluate the different cellular effects of these sugars in future investigations.

REFERENCES

Alaraby M, Demir E, Domenech J, Velázquez A, Hernández A, Marcos R. 2020. In vivo evaluation of the toxic and genotoxic effects of exposure to cobalt nanoparticles in Drosophila melanogaster. Environmental Science: Nano,7, 610-622.

Carmona ER, Guecheva TN, Creus A, Marcos, R. 2011. Proposal of an in vivo comet assay using haemocytes of Drosophila melanogaster. Environmental and Molecular Mutagenesis 52, 165- 169.

Chae YK, Anker JF, Carneiro BA, Chandra S, Kaplan J, Kalyan A, et al. 2016. Genomic landscape of DNA repair genes in cancer. Oncotarget 7(17), 23312-23321.

Demir E. 2020. An in vivo study of nanorod, nanosphere, and nanowire forms of titanium dioxide using Drosophila melanogaster: toxicity, cellular uptake, oxidative stress, and DNA damage, Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A, 83(11-12), 456-469

Demir E, Marcos R. 2017. Assessing the genotoxic effects of two lipid peroxidation products (4-oxo-2-nonenal and 4-hydroxy-hexenal) in haemocytes and midgut cells of Drosophila melanogaster larvae. Food Chemical Toxicology 105,1-7.

Demir E, Turna F, Aksakal S, Kaya B and Marcos R. 2014. Genotoxicity of different sweeteners in Drosophila. Fresenius Environmental Bulletin 23 (12c), 3426-3432.

Demir E, Vales G, Kaya B, Creus A and Marcos R. 2011. Genotoxic analysis of silver nanoparticles in Drosophila. Nanotoxicology 5, 417-424.

Frei H, Würgler FE. 1995. Optimal experimental design and sample size for the statistical evaluation of data from somatic mutation and recombination tests (SMART) in Drosophila. Mutation Research 334, 247-258.

Graf U, Würgler FE, Katz AJ, Frei H, Juon H, Hall CB, Kale PG. 1984. Somatic mutation and recombination test in Drosophila melanogaster. Environmental Mutagenesis 6, 153-188.

Ha H, Lee HB. 2000. Reactive oxygen species as glucose signaling molecules in mesangial cells cultured under high glucose. Kidney International Supplements 77, S19-S25.

Han HJ, Lee YJ, Park SH, Lee JH, Taub M. 2005. High glucose-induced oxidative stress inhibits Na+/ glucose cotransporter activity in renal proximal tubule cells. American Journal of Physiology - Renal Physiology 288, F988-F996.

Hansen M, Baunsgaard D, Autrup H, Vogel UB, Møller P, Lindecrona R, Wallin H, Poulsen HE, Loft S, Dragsted LO. 2008. Sucrose, glucose and fructose have similar genotoxicity in the rat colon and affect the metabolome. Food Chemical Toxicology 46(2), 752-60.

Kumaravel TS, Jha AN. 2006. Reliable comet assay measurements for detecting DNA damage induced by ionising radiation and chemicals. Mutation Research 605, 7-16.

Lindsley DL, Zimm GG. 1992. The Genome of Drosophila melanogaster. Academic Pres, San Diego, Pp. 1133.

Lelkes E, Unsworth BR, Lelkes PI. 2001. Reactive oxygen species, apoptosis and altered NGF-induced signaling in PC12 pheochromocytoma cells cultured in elevated glucose: an in vitro cellular model for diabetic neuropathy. Neurotoxicty Research 3,189-203.

Mukhopadhyay, I., Chowdhuri, D.K., Bajpayee, M. and Dhawan, A. (2004). Evaluation of in vivo genotoxicity of cypermethrin in Drosophila melanogaster using the alkaline comet assay. Mutagenesis 19, 85-90.

Quagliaro L, Piconi L, Assaloni R, Martinelli L, Motz E, et al. 2003. Intermittent high glucose enhances apoptosis related to oxidative stress in human umbilical vein endothelial cells: the role of protein kinase C and NAD(P)H-oxidase activation. Diabetes. 52:2795-2804.

Sakuma H, Yamamoto M, Okumura M, Kojima T, Maruyama T, et al. 2002. High glucose inhibits apoptosis in human coronary artery smooth muscle cells by increasing bcl-xL and bfl-1/A1. American Journal of Physiology-Cell Physiology 283, C422-C428.

Seely S, Horrobin DF. 1983. Diet and breast cancer: the possible connection with sugar consumption. Medical Hypotheses 11,319-327.

Siddique HR, Chowdhuri DK, Saxena DK, Dhawan A. 2005. Validation of Drosophila melanogaster as an in vivo model for genotoxicity assessment using modified alkaline comet assay. Mutagenesis 20, 285-290.

Singh NP, McCoy MT, Tice RR, Schneider EL. 1988. A simple technique for the quantitation of low levels of DNA damage in individual cells. Experimental Cell Research 175,184-191.

Tappy L, Lê KA. 2010. Metabolic effects of fructose and the worldwide increase in obesity. Physiological Reviews 90(1), 23-46.

Tchounwou CK, Yedjou CG, Farah I, Tchounwou PB. 2014. D-Glucose-induced cytotoxic, genotoxic, and apoptotic effects on human breast adenocarcinoma (MCF-7) cells. Journal of Cancer Science and Clinical Therapeutics 6,156-160.

Turgeon M.-O, Perry NJS, Poulogiannis G. (2018). DNA Damage, Repair, and Cancer Metabolism. Frontiers in Oncology 8, 15.

Wang L, Kounatidis I, Ligoxygakis P. 2014. Drosophila as a model to study the role of blood cells in inflammation, innate immunity and cancer. Frontiers in Cellular and Infection Microbiology 9(3), 113.

Warburg O. 1956. On the origin of cancer cells. Science 123(3191), 309-14.

Warburg O, Wind F, Negelein E. 1927. The metabolism of tumors in the body. Journal of General Physiology 8(6), 519-30.

CBS DESTEKLİ HEYELAN DUYARLILIK HARİTALAMASI: UZUNDERE, ERZURUM

Azimollah Aleshzadeh
İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Programı,
aaleshzadeh@itu.edu.tr ORCID: 0000-0002-8671-4412

Enver Vural Yavuz
Türk-Alman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,
vural.yavuz@tau.edu.tr ORCID: 0000-0002-2644-1002

Özet

Bu çalışmanın temel amacı, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ve Frekans Oranı (FO) teknikleri kullanılarak, Erzurum'un Uzundere İlçesi için heyelan duyarlılık haritası üretilmesi olmuştur. Bu amaç doğrultusunda ilk olarak, saha gözlemleri ile desteklenen MTA (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü) kaynaklarına dayanarak, toplam 42 adet heyelan içeren detaylı bir heyelan envanter haritası hazırlanmıştır. İkinci olarak, eğim, bakı, yükseklik ve kaya türü gibi toplam 4 heyelan koşullandırma etkeni duyarlılık analizinde kullanılmak üzere seçilmiş ve bu etkenlere ait haritalar, sayısal yükseklik modeli (SYM) ve jeolojik veriler kullanılarak ArcGIS yazılımı ortamında elde edilmiştir. Daha sonra, heyelan koşullandırma etkenleri ile heyelan envanter haritası arasındaki ilişki FO modeli kullanılarak belirlenmiştir. 29 adet (≈ %70) heyelan, modelleme için ve geri kalan % 30'luk kısmı modelin doğruluk testinde kullanılmıştır. Son olarak, heyelan duyarlılık haritası FO modeli uygulanarak üretilmiş ve çok düşük ile çok yüksek arasında değişen heyelan duyarlılık alanlarını gösteren 5 sınıfa ayrılmıştır. Elde edilen harita, alıcı işletim karakteristiği eğrisi altında kalan alan (ROC-AUC) tekniği uygulanarak doğrulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Heyelan Duyarlılık, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), Frekans Oranı (FO), Uzundere Erzurum.

GIS BASED LANDSLIDE SUSCEPTIBILITY MAPPING: UZUNDERE, ERZURUM

Abstract

The main objective of this study was to produce landslide susceptibility map for the Uzundere District of Erzurum, Turkey, using Geographic Information System (GIS) and Frequency Ratio (FR) techniques. For this purpose, first, a detailed landslide inventory map, with 42 landslides, was prepared from MTA (The General Directorate of Mineral Research and Exploration) sources supported by field surveys. Second, a total number of 4 landslide conditioning factors, such as slope, aspect, elevation and lithology were selected for using in the analysis and were obtained from a digital elevation model (DEM) and geological map using ArcGIS software. Then, the relationship between the landslide conditioning factors and landslide inventory map was determined using the FR model. 29 (≈ 70%) out of the landslides were selected for the modeling and the remaining (30%) were employed for validation of the model. Finally, the landslide susceptibility map was produced by FR model and was divided into five classes showing very low to very high landslide susceptibility areas, this map was validated using area under the curve (ROC-AUC) method.

Keywords: Landslide Susceptibility, Geographic Information System (GIS), Frequency Ratio (FR), Uzundere Erzurum.

1. GİRİŞ

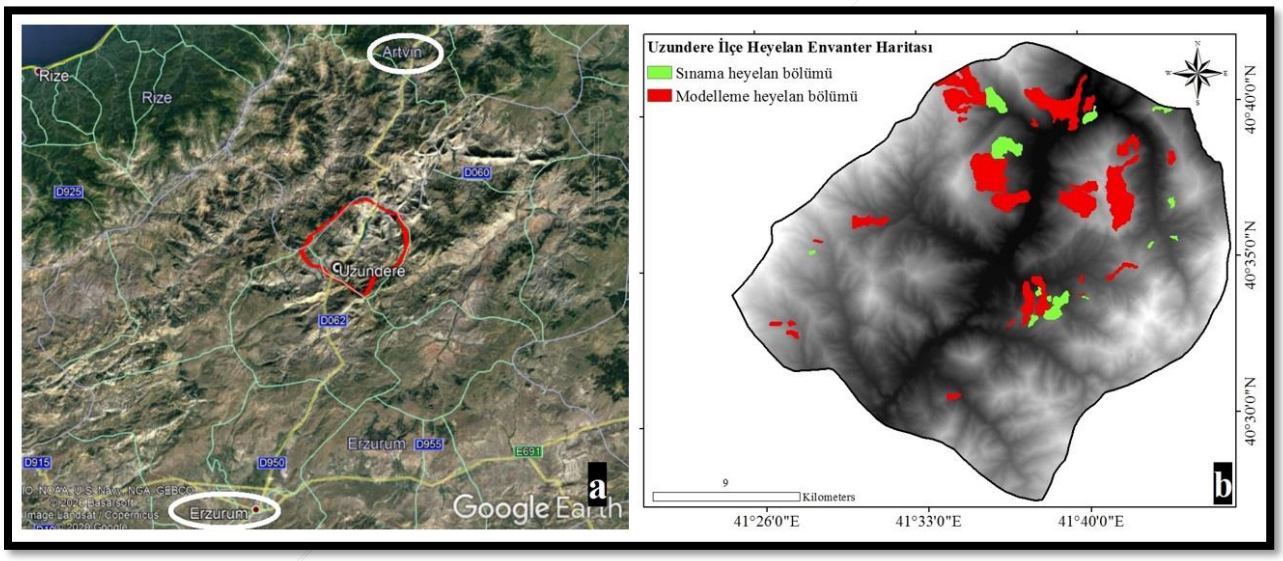
Heyelanlar, yamaç dengesinin bozulması sonucu yer çekiminin etkisiyle arazinin bir bölümünün yamaç eğilimi doğrultusunda hareket ederek şekil ve yer değiştirmesidir (Öztürk, 2002). Heyelanlar, Türkiye'de can ve mal kayıplarına neden olan doğal afetlerin başında gelmektedir. Heyelanların verebileceği zararları azaltmak için heyelan duyarlılık çalışmaları yapılmaktadır. Bu çalışmalarla

geçmişte meydana gelen heyelanlardan hareketle gelecekte heyelan olabilecek alanlar tespit edilebilmektedir. Heyelan duyarlılık çalışmaları heyelan risk yönetiminde önemli araçlardır (Avcı, 2016a). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknolojilerindeki gelişmeler heyelan duyarlılık analizlerinde büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Son yıllarda CBS ve UA kullanılarak yapılan heyelan duyarlılık çalışmalarında büyük artış vardır (Avcı, 2016b). Bu çalışmada, Erzurum ilinin kuzeyinde yer alan ve yaklaşık 505 km2 yüzölçümüne sahip olan Uzundere ilçesi seçilmiş ve heyelan duyarlılık değerlendirmesi açısından incelenmiştir. Heyelan parametreleri haritalarının oluşturulması için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Frekans Oranı (FO) teknikleri kullanılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Çalışma Alanı

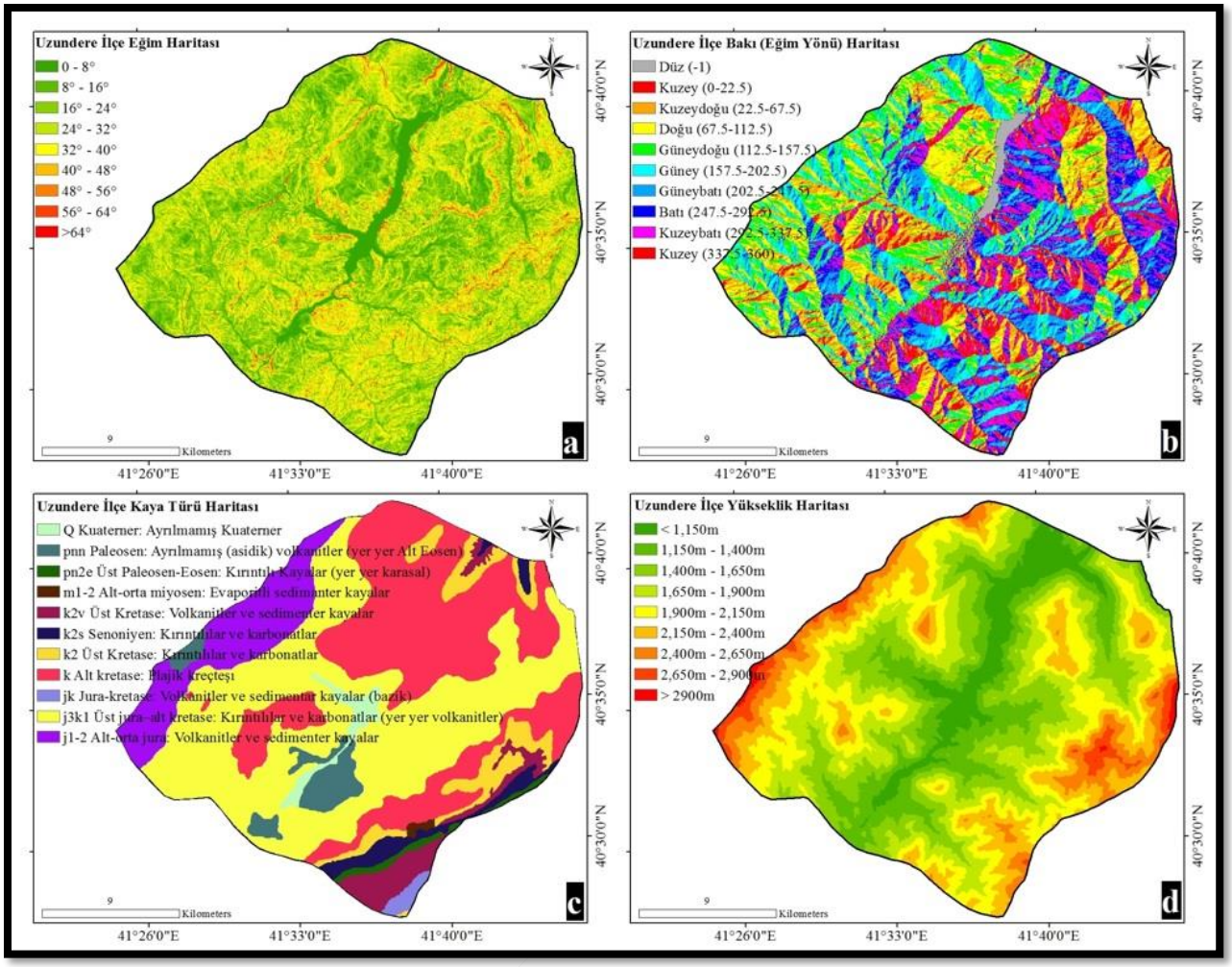
Uzundere, Erzurum il merkezine 92 km, Artvin il merkezine 96 km mesafede olup Erzurum-Artvin karayolu üzerinde ve Tortum çayı vadisinde yer almaktadır. İlçe 40° 27′ - 40° 42′ kuzey enlemi ve 41° 24′ - 41° 48′ doğu boylamı koordinatları üzerinde bulunmaktadır. İlçenin yüksekliği 804 ile 3090 metre aralığındadır. Uzundere, doğuda Oltu, batıda İspir, güneyde Tortum, kuzeyde ise Artvin İli Yusufeli ilçeleri ile sınırlıdır. İlçenin yüzölçümü yaklaşık 505 km^2'dir. Türkiyenin en büyük heyelan set gölü olan Tortum Gölü ilçe sınırları içerisinde yer almaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. a. Çalışma alanı, b. Heyelan envanter haritası.

2.2. Girdi Haritaların Hazırlanması

Heyelan envanter ve jeoloji (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğünden; MTA, http://yerbilimleri.mta.gov.tr) ve sayısal yükseklik verisi (NASA Earth Data, https://search.asf.alaska.edu) temin edildikten sonra, ilk olarak çalışma alanının heyelan envanter haritası hazırlanmıştır. Bu harita 70/30 oranla modelin oluturulması ve sınama bölümleri olmak üzere iki kısma ayrılmıştır (Şekil 1). Daha sonra, heyelan duyarlılık haritalama çalışmalarında araştırmacılar tarafından sıklıkla kullanılan eğim, bakı (eğim yönü), kaya türü ve yükseklik parametreleri (Lee, 2019; Pourghasemi ve ark., 2018; Reichenbach ve ark., 2018), bu çalışmada heyelanı etkileyen faktörler olarak seçilmiş ve ilgili haritalar ArcGIS 10.4 yazılım ortamında hazırlanmıştır (Şekil 2). Çalışma esnasında, piksel boyutu 20m*20m seçilmiştir.



Şekil 2. Heyelan etkileyen faktörlere ait haritalar (a. eğim, b. bakı, c. kaya türü, d. yükseklik).

2.3. Frekans Oranı Yöntemi

Literatür'de yaygın olarak kullanılan (Lee, 2019; Pourghasemi ve ark., 2018; Reichenbach ve ark., 2018) ve Lee ve Talib (2005) tarafından önerilen Frekans Oranı (FO) yönteminde, dikkate alınan faktörler CBS ortamına aktarıldıktan sonra, heyelan envanter haritası ile ilişkilendirilerek, temelde yoğunluk analizleri yapılmaktadır. Frekans Oranı (FO) aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır.

$$FO = a / b$$

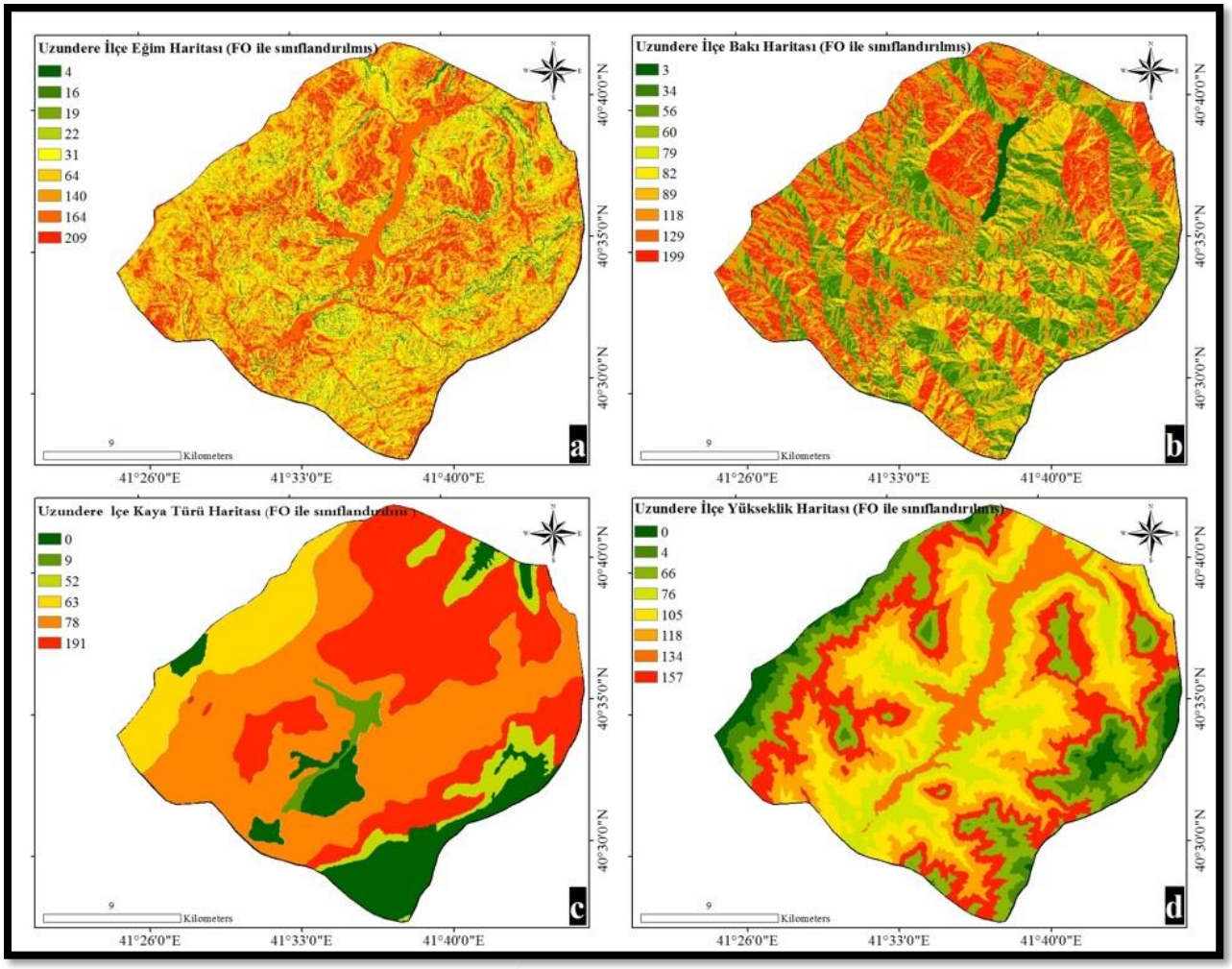
Bu eşitlikte FO, Frekans Oranı; a katsayısı, faktör alt sınıfındaki heyelanlı piksel sayısının, toplam heyelanlı piksel sayısı oranına; b katsayısı, faktör alt sınıfının dikkate alınan alandaki piksel sayısının, dikkate alınan alandaki toplam piksel sayısı oranına karşılık gelmektedir. Kullanılan bu yöntemde FO değerinin 1'den büyük olması faktörün göreceli olarak heyelan oluşumunda daha etkili olduğu, FO değerinin 1'den küçük olması ise, faktörün heyelan oluşumunda daha az etkin olduğunu ifade etmektedir (Dağdelenler, 2020).

Çizelge 1. Heyelanı Etkileyen Faktörlere Ait FO Değerleri (*modelle için ayrılan heyelan toplam piksel sayısı: 75474, **çalışma alanı toplam piksel sayısı: 1263889).

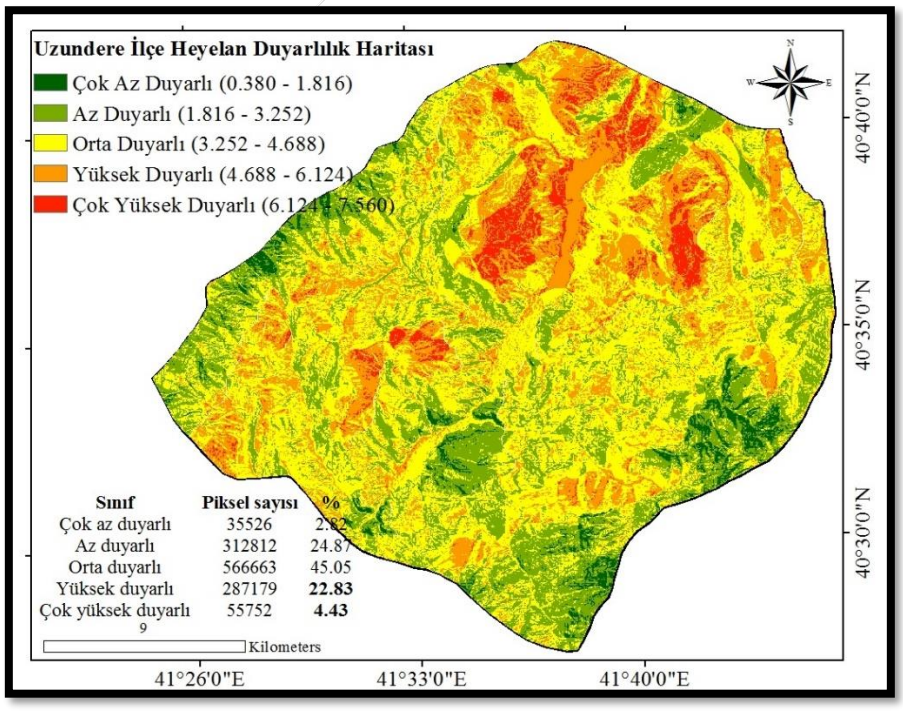
	Faktör	Alt Sınıf	Heyelan Piksel Sayısı	*Heyelan Yüzdesi (a)	Sınıf Piksel Sayısı	**Sınıf Yüzdesi (b)	Frekans Oranı (a/b)
1	Eğim (derece)	0-8	7489	9.92	76663	6.07	1.64
		8-16	22785	30.19	182162	14.41	2.09
		16-24	26705	35.38	318968	25.24	1.40
		24-32	13179	17.46	344786	27.28	0.64
		32-40	4136	5.48	226425	17.91	0.31
		40-48	921	1.22	83339	6.59	0.19
		48-56	223	0.30	23253	1.84	0.16
		56-64	15	0.02	6688	0.53	0.04
		>64	21	0.03	1605	0.13	0.22
2	Bakı	Düz (-1)	19	0.03	11613	0.92	0.03
		Kuzey (0-22.5)	3509	4.65	72030	5.70	0.82
		Kuzeydoğu (22.5-67.5)	12599	16.69	163834	12.96	1.29
		Doğu (67.5-112.5)	23346	30.93	196238	15.53	1.99
		Güneydoğu (112.5-157.5)	12830	17.00	181496	14.36	1.18
		Güney (157.5-202.5)	5145	6.82	143620	11.36	0.60
		Güneybatı (202.5-247.5)	3187	4.22	155994	12.34	0.34
		Batı (247.5-292.5)	4818	6.38	143711	11.37	0.56
		Kuzeybatı (292.5-337.5)	7006	9.28	131450	10.40	0.89
		Kuzey (337.5-360)	3015	3.99	63903	5.06	0.79
3	Kaya türü	j3k1	23128	30.64	498703	39.46	0.78
		k	45229	59.93	397336	31.44	1.91
		j1-2	4714	6.25	124447	9.85	0.63
		k2	2143	2.84	68491	5.42	0.52
		k2v	0	0.00	48394	3.83	0.00
		pnn	0	0.00	46708	3.70	0.00
		k2s	0	0.00	31879	2.52	0.00
		Q	0	0.00	21031	1.66	0.00
		pn2e	0	0.00	11037	0.87	0.00
		jk	0	0.00	8247	0.65	0.00
		m1-2	0	0.00	2991	0.24	0.00
4	Yükseklik (m)	<1150	7251	9.61	90720	7.18	1.34
		1150-1400	7274	9.64	161194	12.75	0.76
		1400-1650	15008	19.88	239195	18.93	1.05
		1650-1900	17241	22.84	244685	19.36	1.18
		1900-2150	21895	29.01	234211	18.53	1.57
		2150-2400	6620	8.77	167280	13.24	0.66
		2400-2650	185	0.25	86770	6.87	0.04
		2650-2900	0	0.00	33205	2.63	0.00
		>2900	0	0.00	6629	0.52	0.00

2.4. Heyelan Duyarlılık Haritasının Üretilmesi

Heyelanı etkileyen faktörlerin tüm alt sınıflarına ait FO değerleri hesaplandıktan sonra (Çizelge 1), bu değerler ilgili sınıfa yansıtılarak söz konusu faktörler tekrardan sınıflandırılmıştır (Şekil 3). Hazırlanan haritalar ArcGIS ortamında toplanarak heyelan duyarlılık haritası (HDH) üretilmiştir (Şekil 4). Üretilen harita heyelan duyarlılık indeks (HDİ) değerlerini (0.380 - 7.560 arası) sergilemekte olup, eşit aralığa sahip 5 sınıfa ayrılmıştır.



Şekil 3. FO ile sınıflandırılan faktör haritaları (a. eğim, b. bakı, c. kaya türü, d. yükseklik).



Şekil 4. Uzundere ilçe heyelan duyarlılık haritası.

3. SONUÇ

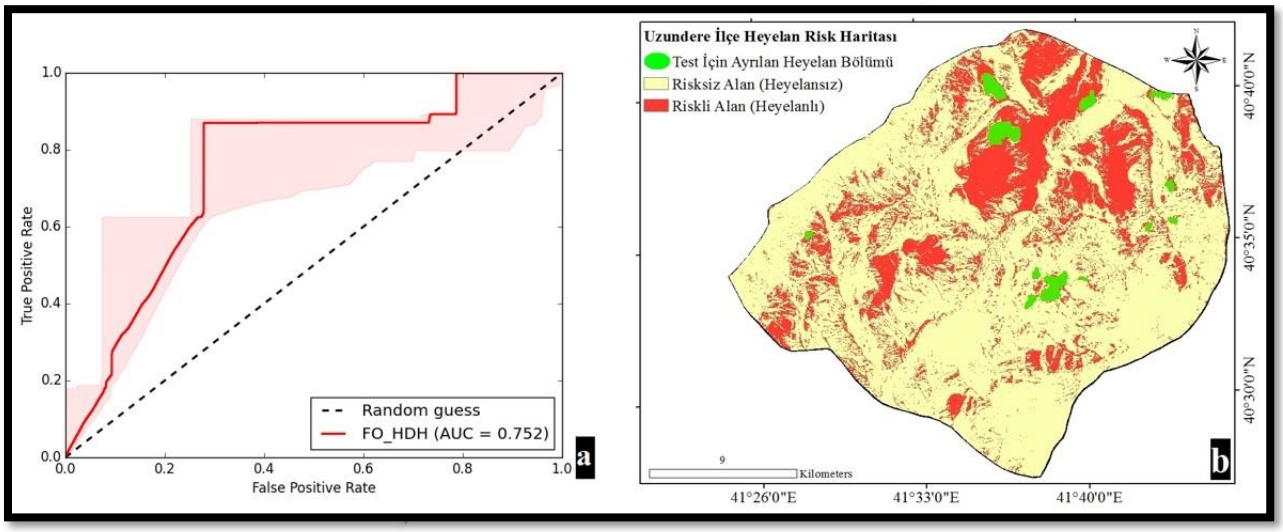
Çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır:

a. Çalışma alanı arazisinde meydana gelmiş toplam heyelan yüzölçümü 36.04 km olup, ilçe yüzölçümünün %7.14'ünü oluşturmaktadır.

b. Faktörlere ait FO değerleri incelendiğinde, "Eğim" parametresinin "8°-16°" alt sınıfı 2.09 değer ile heyelan yoğunluğunun en fazla yaşandığı kısım olmuştur. Bu durum, "Bakı" faktörü için "Doğu (67.5-112.5)" alt sınıfında 1.99 değeriyle sergilenmiştir. 11 alt sınıfa sahip olan "Kaya türü" etkenin sadece 4 alt sınıfında heyelan yaşanmış ve bu sınıflar arasında 1.99 değeri ile "k (plajik kireçtaşı)" sınıfı heyelanın yoğun olduğu alan olmuştur. "Yükseklik" faktörüne bakıldığında, heyelan olaylarının sık yaşandığı yer "1900m -2150m" aralığı ortaya çıkarak 1.57 FO değerini göstermiştir.

c. Üretilen heyelan duyarlılık haritasının %27.26'lık kısmı heyelan açısından risk taşımaktadır ("Yüksek duyarlı" ve "Çok yüksek duyarlı" olan sınıflar).

d. Doğruluk testi için alıcı işletim karakteristiği eğrisi altında kalan alan (ROC-AUC) tekniği uygulanmış ve 0.752 değeri elde edilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. a. ROC-AUC analizi, b. Heyelan risk haritası ile sınama heyelanlarının karşılaştırılması.

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada uygulanan Frekans Oranı yöntemi %70'in üzerinde başarı göstermiştir. Aynı zamanda, üretilen HDH ile sınama için ayrılan %30'luk heyelan bölümü karşılaştırıldığında, gösterilen başarı oranı göreceli olarak kanıtlanmıştır (Şekil 5). Literatüre bakıldığında, FO yöntemi diğer yöntemlere nazaren üstün başarı (Karim ve ark., 2019; Özdemir ve Altural, 2013), orta seviye başarı (Akgün, 2012; Kavzoğlu ve ark., 2015;) ve düşük başarı (Demir, 2018; Yılmaz, 2009) sergilemiştir.

TEŞEKKÜR

Yöre halkına sıcak ve misafirperver darvanışlarından ötürü minnetdar olduğumu söylemek isterim. Ayrıca arazi çalışması için sağladığı destekten dolayı Sayın Hocam Doç. Dr. Enver Vural YAVUZ'a teşekkürlerimi bildirmeyi borç bilirim.

KAYNAKLAR

AKGÜN, A. (2012), A comparison of landslide susceptibility maps produced by logistic regression, multi-criteria decision, and likelihood ratio methods: a case study at Izmir, Turkey, *Landslides*, Sayı: 9 (1), syf. 93-106.

AVCI, V. (2016a), İndeks metodu ile Darköprü Deresi Havzası'nın (Bingöl) heyelan duyarlılık analizi, *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, Cilt: 9, Sayı: 43, syf. 1005-1023.

AVCI, V. (2016b), Kanıt ağırlığı yöntemi ile Esence Deresi Havzası'nın (Bingöl) heyelan duyarlılık analizi, *JASSS (The Journal of Academic Sosyal Science Studies)*, Sayı: 44, syf. 287-310.

DAĞDELENLER, G. (2020), İki farklı örneklem tekniği kullanılarak oluşturulan heyelan duyarlılık haritalarının Frekans Oranı (FO) yöntemi ile karşılaştırılması, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, Sayı: 44, syf. 19-38.

DEMİR, G. (2018), Landslide susceptibility mapping by using statistical analysis in the North Anatolian Fault Zone (NAFZ) on the northern part of Suşehri Town, Turkey, *Natural Hazards*, Sayı: 92, syf. 133–154

KARIM, Z., HADJI, R., ve HAMED, Y. (2019), GIS-based approaches for the landslide susceptibility prediction in Setif Region (NE Algeria), *Geotechnical and Geological Engineering*, Sayı: 37, syf. 359–374.

KAVZOĞLU, T., ŞAHİN, E. K., ve ÇOLKESEN, I. (2015), An assessment of multivariate and bivariate approaches in landslide susceptibility mapping: a case study of Duzkoy district, *Natural Hazards*, Sayı: 76 (1), syf. 471-496.

LEE, S, (2019), Current and future status of GIS-based landslide susceptibility mapping: a literature review, *Korean Journal of Remote Sensing*, Sayı: 35(1), syf. 179–193.

LEE, S., ve TALIB, J.A. (2005), Probabilistic landslide susceptibility and factor effect analysis. *Environmental Geology*, Sayı: 47(7), syf. 982-990.

ÖZDEMIR, A., ve ALTURAL, T. (2013), A comparative study of frequency ratio, weights of evidence and logistic regression methods for landslide susceptibility mapping: Sultan Mountains, SW Turkey, *Journal of Asian Earth Sciences*, Sayı: 64, syf. 180-197.

ÖZTÜRK, K. (2002), Heyelanlar ve Türkiye'ye etkileri, *G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, Sayı: 22 (2), syf. 35-50.

POURGHASEMI, H.R., TEIMOORI YANSARI, Z., PANAGOS, P., ve PRADHAN, B. (2018), Analysis and evaluation of landslide susceptibility: a review on articles published during 2005–2016 (periods of 2005–2012 and 2013–2016), *Arabian Journal of Geosciences*, Sayı: 11, syf. 193.

REICHENBACH, P., ROSSI, M.D., MALAMUD, B., MIHIR, M., ve GUZZETTI, F. (2018), A review of statistically-based landslide susceptibility models, *Earth-Science Reviews*, Sayı: 180, syf. 60–91.

YILMAZ, I. (2009), Landslide susceptibility mapping using frequency ratio, logistic regression, artificial neural networks and their comparison: A case study from Kat landslides (Tokat-Turkey), *Computers & Geosciences*, Sayı: 35 (6), syf. 1125-1138.

NAPROKSENİN ATIK SULARDAKİ VARLIĞI VE GİDERİM YÖNTEMLERİ

Esin KACIRA
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi/ Çevre Mühendisliği Bölümü
esinkacira@gmail.com

Nevim GENÇ
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi/ Çevre Mühendisliği Bölümü
ngenc@kocaeli.edu.tr

Özet
Naproksen, dünya çapında yüzey sularında sıklıkla tespit edilen steroidal olmayan bir anti-enflamatuar ilaçtır. Atıksularda 0,1 ng/dm^3 -7,69 µg/dm^3 aralığında , yüzey sularında ise 0,1-0,25 µg/dm^3 aralığında belirlenmiştir. Naproksen moleküllerinin yüksek biyolojik aktivitesi , su ekosisteminde düşük dozlarda bulunsa dahi canlılar için risk oluşturmaktadır. İnsanlarda, gastrointestinal kanamaya ve merkezi sinir sistemi toksisitesine neden olur. Sucul ortamdaki canlılar üzerinde ise akut veya kronik etkileri mevcuttur. Naproksenin endokrin bozucu özelliğinden ötürü atık sulardan giderilmesi istenmektedir. Kalıcı yapısı ve biyolojik arıtmaya karşı olan direncinden ötürü klasik yöntemlerle giderilemeyen bu toksik ilacın , ileri arıtım yöntemleri ile (adsorpsiyon, nanofitrasyon,ters ozmoz membranlar ve ileri oksidasyon prosesleri vs.) yüksek oranda giderildiği tespit edilmiştir.Son yıllarda yapılan çalışmalar gözden geçirildiğinde ileri oksidasyon proseslerinin naproksen gideriminde diğer yöntemlere nispeten avantajlı olduğu görülmüş ve naprokseni CO_2 ve H_2O'ya tamamen parçalayabildikleri için en etkili arıtma yöntemleri olarak kabul edilmiştir. Bu çalışmada, naproksenin çevresel ortamlarda bulunuşu ve kaynakları, çevresel etkileri ve özellikleri ile birlikte atık sulardan giderimlerine yönelik çeşitli literatür çalışmaları değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Naproksen, Atıksu , Arıtım Yöntemleri

Naproxen Exıstence In Waste Waters and Treatment Methods

Abstract
Naproxen is a non-steroidal anti-inflammatory drug commonly detected in surface waters around the world. It has been determined in the range of 0.1 ng/dm^3 -7.69 µg/dm^3 in wastewater and between 0.1-0.25 µg/dm^3 in surface waters. The high biological activity of naproxen molecules poses a risk to living beings even if they are found in low doses in the aquatic ecosystem. In humans, it causes gastrointestinal bleeding and central nervous system toxicity. It has acute or chronic effects on aquatic organisms. Naproxen is desired to be treatment from waste water due to its endocrine disrupting properties. Due to its permanent structure and resistance to biological treatment, this toxic drug, which cannot be removed by conventional methods, has been found to be highly removed by advanced treatment methods (adsorption, nanofitration, reverse osmosis membranes and advanced oxidation processes, etc.). It has been seen to be advantageous compared to other methods in naproxen treatment and it has been accepted as the most effective treatment methods because they can completely decompose naproxen into CO_2 and H_2O. In this study, the presence of naproxen in environmental environments, its sources, environmental effects and characteristics, as well as various literature studies on the removal from waste water were evaluated.

Keywords: Naproxen, Waste water, Treatment Methods

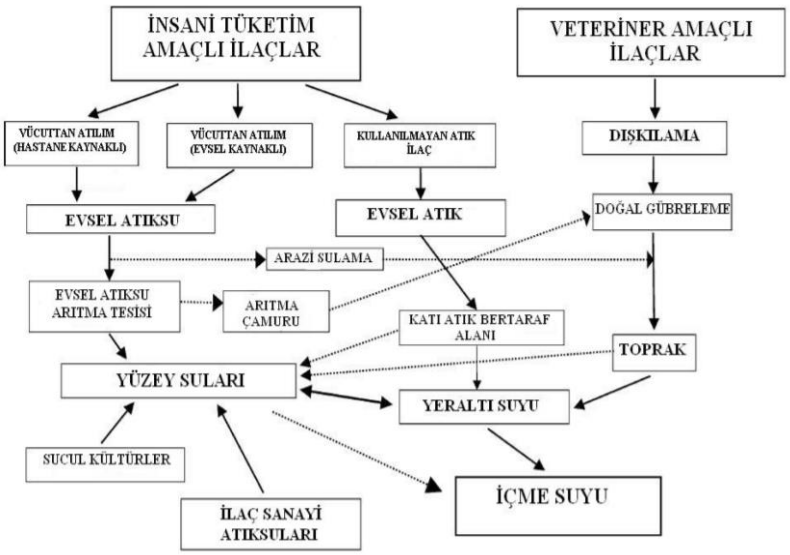
1. GİRİŞ

Hayat kalitesinin artması ile beraber hormon,ilaç ve kişisel bakım ürünlerinin (PPCP) kullanımı da artmıştır.Tüketimin artması mikrokirletici olarak tanımlanan kirletici türlerini meydana getirmiştir(Luo ve ark.,2014). Mikrokirleticiler; başta farmasötik maddeler olmak üzere, kişisel bakım ürünleri, steroid hormonlar, endüstriyel kimyasallar, böcek öldürücüler olmak üzere sayısı ve çeşitliliği tam olarak bilinmeyen bileşikleri kapsamaktadır (Akkurt ve Oguz,2019). Farmasötikler teşhis, tedavi ve hastalık önleyici kimyasallardır (Zaied ve ark.,2020).Bir diğer şekilde farmasötikler, ağrıyı hafifletmek için

ilaçlarda kullanılan organik bileşikler olarak tanımlanır (Dogan ve ark.,2020). Ayrıca veterinerlik alanında da kullanımı oldukça yaygındır. Ateş, enfeksiyon, zihinsel-fiziksel stres ve hamileliğin önlenmesi amacı ile kullanılmaktadır.Farmasötik maddeler; farmasötik üretim endüstrisinin üretim süreci ve kentsel/tarımsal atık sularda bulunmasına neden olan ilaçların kullanımı olmak üzere iki ana kaynağa sahiptir (Madikizela ve ark.,2017).

2. FARMASÖTİKLER VE KİŞİSEL BAKIM ÜRÜNLERİ (PPCP)'NİN SU ORTAMINDAKİ DAVRANIŞLARI

Farmasötikler, ana formları veya metabolitleri ile su ortamına farklı yollardan ulaşabilirler.Endüstriyel ve evsel kaynaklı bir kirletici spektrumu sayesinde geleneksel atıksu arıtma tesislerine gelir buradan nehirlere, göllere veya haliçlere deşarj edilir (Luo ve ark.,2014). Ayrıca veterinerlik faaliyetleri sonucuyla da su sistemlerine ulaşabilir. Farmasötik maddelerin kullanım sonrası çevreye ulaşmasındaki birincil kaynaklar atıksu arıtma tesisleri ve düzenli depolama sızıntı suyudur (Şekil.1)(Fonseca,2018). PPCP'ler genellikle düşük uçuculuğa sahiptir ve hidrofiliktir bu yüzden çevreye dağılımları önce su ile taşıma ardından gıda zincirinin dağılması yoluyla gerçekleşir. Mikrokirleticiler tamamen arıtılamadıklarından yüzey suyunda ng/L ile µg/L arası konsantrasyonlarda bulunabilir ve alıcı ortamın özelliklerine bağlı olarak geniş alana taşınabilirler. Adsorbsiyon ve biyolojik parçalanma atıksu arıtımındaki önemli iki giderim prosesidir. Kanalizasyon arıtma tesislerinden çamur örneklerinde adsorblanan PPCP'ler tespit edilebilir. Bunun yanı sıra kişisel bakım ürünleri çoğunlukları duş,banyo ve lavabo yolu ile atıksu arıtma tesisinden çevreye ulaşabilir(Górny ve ark.,2019).



Şekil.1 Farmasötiklerin Sucul Çevreye Transferi (Górny ve ark.,2019)

Adsorbsiyon, farmasötikler ve mikroorganizmaların hidrofobik veya eloktrostatik etkileşimlerine bağlıdır.Farmasötik maddelerin lipofilik olmaları hücre membranlarından geçişlerini kolaylaştırır, farmasötik maddelerin çeşitlerine göre biyolojik parçalanmaya karşı bir direnç meydana getirir (Ebele ve ark,2017). Hidrofobik olan farmasötik maddeler çamura tutunarak sudan ayrılabilir. Atık su arıtma tesisleri ilaçları ve metabolitlerini tam olarak parçalayamaz ve antibiyotiğe karşı dirençli mikroorganizmaları gideremez, dolayısıyla bileşikler tesisdeki atık su içinde mevcuttur ve çamurda emilebilir. Arıtım sonrası çamurun, tarımda kullanımı PPCP'lerin yeraltı suyuna sızarak ulaşabilme potansiyelini taşır bu da içme suyu için tehdit oluşturur (Fonseca,2018).

2.1 Farmasötikler ve Kişisel Bakım Ürünleri (PPCP)'nin Olumsuz Etkileri

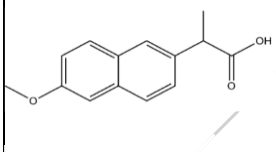
Mikrokirleticiler sahip oldukları fizikokimyasal özellikleri sayesinde klasik atıksu arıtma tesislerinde arıtılmaya karşı direnç göstererek sudan uzaklaştırılmayı zorlaştırırlar. Bu yüzden mikrokirleticilerin sudaki varlığı hem halk sağlığı hem de sucul ortamdaki organizmalar için potansiyel risk taşımaktadır(Luo ve ark.,2014).PPCP'lerin aktif metabolitleri sucul ortamda geniş ölçekte bulunabilirler. Bozunan farmasötiklerin çevreye salınımı, bu bileşiklerin sucul ortamda yüksek

kalıcılıkta davranmasına sebep olmaktadır. Bozunan PPCP'lerin suda düşük konsantrasyonlarda dahi tespit edilmesi, metabolitlerinin aktifliğinden ötürü canlı popülasyonunu olumsuz etkiler (Fonseca,2018). Aspirin, ibuprofen ve naproksen gibi farmasötik ürünlere sucul ortamda çok sık rastlanmaktadır (Mackul'ak ve ark.,2019). Bu tür antibiyotiklerin sürekli varlığı dirençli bakteri ve genlerin gelişmesine yol açabilir bu da patojenik bakterilerin antibiyotiklere karşı direnç gelişimini hızlandırarak tedavi amaçlı etkiyi bozabilir (Zaied,2020).

3. NAPROKSEN'İN YAPISI VE ÖZELLİKLERİ

Naproksen, propionik asitten türetilen romatoid artrit tedavisinde yaygın olarak kullanılan analjezik ve antipiretik özelliklere sahip steroid olmayan bir anti-enflamatuar ilaçtır (NSAID)(Brozinski,2011;Kanakaraju ve ark.,2018). Bunun yanı sıra veterinerlik alanında da yaygın kullanılır (Arany ve ark,2013).

Tablo.1 Naproksenin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri (Kabak,2008; Trenholm ve ark.,2006;Zhang ve ark.,2013)

İlaç Sınıfı	Antienflamatuar ve antipiretik
Kimyasal İsmi	2-(6-metoksinaftalin-2-yl)propiyonik asit
Kimyasal Formülü	$C_{14}H_{14}O_3$
Yapısal Formülü	
Moleküler ağırlığı [g/mol]	230,27
Sudaki Çözünürlüğü [mg/L]	15,9
Erime Noktası [°C]	153
Henry Yasası Sabiti [atm-m^3/mol]	$3{,}39*10^{-10}$
Log Kow	3,18
pKa	4,15

Madikizela ve arkadaşlarının (2017) Afrikadaki su kaynaklarından farmasötiklerin giderimi için yaptıkları bir çalışmada beş farmasötik maddenin (naproksen, ibuprofen, diklofenak, ketoprofen ve fenoprofen) su ortamında en önemli non-steroidal anti-inflamatuar ilaçlar (NSAID) olduğunu ifade etmişlerdir(Dogan ve ark.,2020). Bu farmasötiklerden biri olan naproksenin temel elementleri ve metabolitleri insan veya hayvanların boşaltımı sonrasında kentsel kanalizasyon arıtma sistemlerine girer. Kanalizasyon arıtma tesisi atık sularında, belirlenen konsantrasyonu yaklaşık 0.1-2.6 µg/L ve yüzey suyunda 0,01-0,1 µg/L aralığındadır (Brozinski ve ark,2011). İlaçlara doğru arıtım uygulanmadan sucul ortama bırakılması, bu ilaçların sucul ortamda farklı konsantrasyonlarda bulunmalarına sebep olmaktadır. Naproksenin derişim değerlerine bakıldığında doğal sularda maksimum derişim değerinin 0.03 ile 1.5 g/L arasında olduğu gözlenmiştir(Arany ve ark.,2013). Avrupa'da, içme suyuda dahil olmak üzere en sık tespit edilen ilaçlardan biri olan naproksen, Kanadadaki bir kanalizasyon arıtma tesisinde yaklaşık 7.6 ug/L seviyelerinde bulunurken, yüzey sularında 65 ng/L' ye kadar ulaşmıştır. Yapılan diğer çalışmalar sonucunda Almanya'da nehir suyunda 70 ng/L ve İtalyada bulunan hastane atıksuyunda ise yaklaşık 11 ug/L konsantrasyonlarında naproksen kalıntıları tespit edilmiştir (Sehonova,2017). EC_{50} değeri (Etki konsantrasyonu) organizmaların %50'sinin tepki vermesini gerektiren etkili konsantrasyonu,LC_{50} (öldürücü konsantrasyon) tek dozda organizmaların %50'sinin ölmesi için gereken konsantrasyon değerini göstermektedir.Farré ve arkadaşlarının (2001) yaptığı çalışmada naproksenin Vibrio fischeri üzerindeki toksik etkisini EC_{50} = 21.2 g/L olarak ifade etmişlerdir. Hernando ve arkadaşlarının (2006) çalışmasında EC_{50} değerleri sırasıyla bakterilerde 21.2 ug/L ,alglerde 22 mg/L ve balıklarda 35 mg/L olarak bulunmuştur. LC_{50} değerleri ise alglerde 320 mg/L ,balıklarda 560 mg/L ve Daphnia magna da 43,5 mg/L dir (Rosal ve ark.,2008). Grenni ve arkadaşlarının (2013) inceledikleri bir nehir suyu ekosisteminde kolayca biyolojik olarak bozunamadığını gözlemlemişlerdir. Bunun yanı sıra

naproksenin varlığında Alpha-Proteobacteria (ALF1b) ve Gamma-Proteobacteria (GAM42a) baskınlığı gözlenmiş ve DT_{50} = 27 gün olarak saptanmıştır. Diğer araştırmacıların yaptığı bir başka saha çalışmasında naproksenin biyodegredasyonu yüzey suyunda 10-27 gün aralığında olduğu ifade edilirken aerobik toprakta yarılanma ömrü 17-69 gündür (Grenni ve ark.,2013). Fiziko-kimyasal özellikleri, toksisitesi, su oluşumu ve kalıcılığı sayesinde yüksek öncelikli farmasötikler olarak kabul edilen naproksen kalp hastalığına neden olma ve endokrinlerde bozulmaya sebebiyet vermektedir.Organizmalar üzerindeki etkisi ve su kalitesini bozmasının yanı sıra bakteri(Aliivibrio fischeri) , zebra balığı (Danio rerio) ve Hint akbabası (Gyps indicus) gibi belirli türlerde biyoçeşitliliğin azalmasına neden olduğu ifade edilmiştir (Górny ve ark.,2019;Boyd,2005). Bu nedenlerden ötürü ortadan kaldırılması için etkili yöntemler geliştirmek çok önemlidir.

4. NAPROKSENİ SUDAN GİDERİM YÖNTEMLERİ

4.1. İleri Oksidasyon Prosesleri ile Arıtım Yöntemleri

4.1.1 Fotokatalitik Prosesler

Sucul ortadaki mikrokirleticiyi gidermede kullanılan fotokatalitik oksidasyon ve organik moleküller, kısa dalga boyundaki UV ışığı radyasyonu (200-280 nm) ile beraber hidroksil radikallerinin oluşması sonrasında mineralize olurlar . Prosese hidrojen peroksit eklendiğinde radikal oluşumu artar ve dolayısıyla bozunma işlemi daha kolay bir hale gelir(Andreozzi ve ark.,2003).Geleneksel klor ile dezenfeksiyon prosesi ile karşılaştırıldığında, UV/klor sadece patojenik mikroorganizmaları değil arıtım sırasında üretilen zararlı organik bileşikleri de yok edebilmektedir. Kim ve diğ. 41 farmasötik bileşiğin giderimi için UV bazlı prosesleri (UV ve UV/H_2O_2) araştırmışlardır. Tek başına UV, sadece birkaç bileşiği %90 verim ile giderebilirken H_2O_2 ilavesiyle, 41 bileşiğin 39'u için giderim veriminin % 90'a çıktığı görülmüştür(Akkurt ve Oguz,2019). Pereira ve ark.(2007) yaptığı çalışmada UV ve UV/H_2O_2 ile (205-500 nm) naproksen giderimi % 36 iken arasında geniş bant spektrumu yayan orta basınçlı (MP) polikromatik cıva lambaları ile bu oran %52'ye yükselmiştir. Hidrojen peroksit varlığında, MP-UV reaktif ve seçici olmayan OH radikallerinin üretilmesi ile çeşitli organik bileşiklerin oksitlenmesinde çok daha etkilidir (Feng ve ark.,2013).Mikrokirleticilerin, UV ışığı varlığı ile beraber yarı iletken yardımıyla bozunması fotokatalitik bozunma olarak tanımlanır. Kristaller üzerine aktif oksijen türlerini üretmek için UV radyasyonu yardımı ile Cu,Ti,Vd,Zn gibi yarı iletken metal yüzeylerin uyarılması prosesidir.Farmasötikler için bu tür proseslerde TiO_2 kullanımı ile daha sık karşılaşılır(Kulik ve ark.,2008;Calza ve ark.,2006).Bunun nedeni ucuz olmasının yanı sıra farklı kristal biçimler de bulunabilmesi ve fotokimyasal olarak da kararlı olmasındandır. Kanakaraju ve ark. (2015) TiO_2 ile naproksenin damıtılmış su, içme suyu ve nehir suyu dahil üç su matrisinde bozunduğunu ifade etmişlerdir. Nehir suyuna fosfat (UV/Ti02+fosfat) ve fosfat ve klorür (UV/TiO_2+fosfat+klorür) eklenmesi, naproksenin UV/TiO_2 fotokatalizinkinden daha düşük bozunma oranı sergilemiştir.Ancak içme suyuna klorür anyonlarının eklenmesi ile naproksenin bozunma hızının arttığı görülmüştür(Wang ve ark.,2018). Fotokatalitik membran reaktöründe TiO_2 bozunma asidik ve alkali koşullarda (pH=3 ve 11) denenmiş, gözenek büyüklüğü 0.22 mm olan bir membran kullanılmıştır. Naproksen pH=3 de %95 adsorpsiyon ve pH=11 de %3 adsorpsiyon gözlenmiştir(Kanakaraju ve ark.,2015). İlacın sudaki yüksek çözünürlüğü, TiO_2 partikülleri üzerinde düşük adsorpsiyon yüzdesine karşılık gelmektedir. Çözünmüş oksijen konsantrasyonu ve sıcaklığın artması ile naproksen yaklaşık % 99 fototransformasyon gözlenmiştir. Naproksen çözeltisi 2 saat boyunca Xe lambasına (290nm) maruz kaldığında konsantrasyonu % 75'e düşmüştür(Molinari ve ark.,2006).

4.1.2 Ozon (O_3)

Yüksek oranda bozunma sağlayabilen ve geleneksel arıtım yöntemlerinden daha üstün olan bir redoks teknolojisidir(Akkurt ve Oguz,2019). Ozonlama prosesinin temeli naproksen gibi fenolik ilaç kalıntılarının parçalanması ile oluşan 2- hydroxy-4-(N-acetyl) ve aminophenol gibi yan ürünlerin iyonik reaksiyonlarına dayanır(Mendez ve ark.,2008). Ozon, kirletici maddeyi doğrudan ve dolaylı olarak bozabilir.Naproksen gibi bazı mikrokirleticiler hem ozon hem de ileri oksidasyon proseslerine karşı hassas iken bazıları sadece OH'a (örn. Atrazin) bazıları ise her iki oksidasyon formuna karşı dirençlidir(Akkurt ve Oguz,2019). •OH oluşumu H_2O_2 , fenton reaktifi ve UV ile desteklenebilir. H_2O_2 varlığında ozonlama prosesinde toplam organik madde giderimi artmaktadır(Mendez ve ark.,2008). Substratın tipine ve çalışma koşullarına bağlı olarak, artan hidroksil radikallerinin oluşumu nedeniyle, ozon oksidasyonu genellikle yüksek pH değerlerinde tercih edilir. Ozon prosesinin verimini pH, ozon

dozu ve sıcaklık gibi parametreler etkilemektedir(Klavarıotı ve ark.,2009). Ozon prosesinin hidrojen peroksit , ışınlama veya katalizör görevi gören demir/bakır kompleksleri ile birleştirilmesi arıtım performansını arttırmaktadır (Hou ve ark.,2020). Ozon ve klor ile oksidasyonda bazı yan ürünlerin oluşumu itibari ile dezavantajlıdır. Örneğin klorlama sonucunda meydana gelen naproksenin yan ürünleri biyofilmleri olumsuz etkiler (Brozinski ve ark.,2011). Rosal ve arkadaşlarının (2008) yaptığı bir çalışmada oksitlenme yan ürünü olarak bromat oluşumu ozonun etkisini sınırlandırmakta ve bunun önlenebilmesi için pH <7 da tutulmalıdır.Ayrıca ozonlama esnasında oluşan karboksilik asitleri uzaklaştırabilmek için titanyum oksit gibi sık kullanılan katalizörün kullanılmasının prosesi hızlandırabileceği bildirilmiştir(Karaca ve ark.,2016).

4.1.3 Ultrasound/Sonikasyon/Sonoliz

Ultrases veya bilinen bir diğer adı ile sonikasyon, yüksek akustik boşluk kabarcıklarının yoğunluğu nedeniyle •OH radikallerinin suyun pirolizinden oluşturan bir prosestir (Klavarıotı ve ark.,2009). Genel olarak 20-1000 kHz aralığındaki frekanslarda kavitasyon meydana gelir ve sıvıların yüksek yoğunluklu akustik ışınlanması sayesinde uyarılma işlemi gerçekleşir (Liu ve ark.,2019;Hou ve ark.,2020). Sonokimyasal reaksiyonlar; kavitasyon balonunun kendisi, kabarcık-çevre sıvı arasındaki arayüz bölgesi ve çözelti kütlesi olmak üzere üç potansiyel bölgeyi içerir.Organiklerin (düşük çözünürlüğe ya da yüksek uçuculuğa sahip) gaz-sıvı arayüzü bölgesinde veya çevresinde birikebilme potansiyeli sonokimyasal bozunmanın etkisini hızlandırmaktadır (Liu ve ark.,2019;Hou ve ark.,2020).Ultrasonik proses, su molekülünden OH • ve H • iyonlarının ayrışması ile başlar (Denk.1). H • 'in O_2 ile reaksiyonu sonucu HO_2• oluşur (Denk. 2). Ardından iki OH• ve HO_2•'nin rekombinasyonu ile H_2O_2 ve O_2 ürünleri meydana gelir ((Denk.3) (Klavarıotı ve ark.,2009;Liu ve ark.,2019)).

1) $H_2O +))) \rightarrow HO^{\bullet} + H^{\bullet}$
2) $H^{\bullet} + O_2 \rightarrow HO_2^{\bullet}$
3) $2HO_2^{\bullet} \rightarrow H_2O_2 + O_2$
4) $2OH^{\bullet} \rightarrow H_2O_2$

Sonoliz prosesi, kimyasal takviyesi gerektirmez ancak oldukça enerji gerektirir, bu yüzden laboratuvar ölçeği ile sınırlıdır. Diğer ileri oksidasyon prosesleriyle sonolizin birleştirilmesi bu dezavantajı ortadan kaldırabilir(Klavarıotı ve ark.,2009). Örneğin, Im ve ark. ultrasonik (US)/tek duvarlı karbon nanotüpler (SWNT) ile yaptığı çalışmada naproksenin 28 kHz'de % 52.5 ve 1000 kHz'de > % 99 bozunma verimi elde etmişlerdir. Bunun sonucunda bozunma veriminin ultrasonik frekans, pH ve sıcaklığa bağlı olduğunu ifade edilmiştir (Liu ve ark.,2019).Reaksiyon süresince her iki frekansta da H_2O_2 konsantrasyonu doğrusal olarak artmıştır. Naproksenle ilgili yapılan bir diğer çalışmanın sonucunda ultrasonikasyon, naproksen kristal boyutunu 22.6um'den 10.50um'ye düşürdüğü gözlenmiştir(Kanakaraju ve ark.,2018). ZnO/MMT nanokompozit varlığında yapılan bir çalışmada ise ultrasonik gücün artması naproksenin sonokatalitik bozunma verimini % 35.62'den % 73.60'a çıkarmıştır(Zhang ve ark.,2016).

4.1.4 Fenton ve UV/Fenton ile Giderim

Fenton prosesi, asidik koşullarda hidroksil radikalleri üreten katalitik reaksiyonların sayesinde hidrojen peroksit içeren demir iyonların varlığı ile oluşur(Hou ve ark.,2020).

$Fe^{+2} + H_2O_2 \rightarrow Fe^{+3} + HO^{-} + OH$
$Fe^{+3} + H_2O_2 \rightarrow Fe^{+2} + H^{+} + HO_2^{\bullet}$

Ucuz olması, kullanımının ve işletim kolaylığı sayesinde çok tercih edilen proseslerdendir. Diğer önemli bir avantajı ise oksidasyon reaksiyonlarından sonra askıdaki maddelerin koagülasyonunu teşvikleyen demir (III) hidroksit oluşturmalarıdır(Urase,2005). Aktif karbon doyurulmuş demir, demir içeren sütunlu bentonitler, demir tırtıllı montmorillonit, grafen oksit amorf $FePO_4$, Zn katkılı Fe_3O_4 içi boş submikrosferler bu zamana kadar farmasötikleri gidermede kullanılan birkaç farklı katalizör çeşididir(Feng ve ark.,2013). Fenton prosesinin oksitleyici gücünün arttırılmasında UV ışını büyük bir etkendir ve fazla OH radikali oluşumunu meydana getirir. UV varlığında gerçekleşen fenton prosesi Foto-Fenton olarak tanımlanır.Araştırmaların sonucunda, heterojen fenton ve foto fenton katalizinin daha yüksek katalitik aktivite gösterdiği belirlenmiştir. Naproksenin fotodegradasyonu sonucu üretilen

yan ürünleri kendinden daha toksiktir. Naproksenin degredasyonu için demir oksihidroksidlerin (MGO) nanopartikülleri ile modifiye edilmiş montmorillonit kilinin katalizör olarak kullanıldığı bir deneyin sonucunda pH = 3 karışımdaki naproksen (NPX-MGO-H_2O_2) (10^{-5} mol/L,1g/L, 5.10^{-3} mol/L)bozunma oranının 60 dakikada %100 giderim sağladığı ifade edilmiştir(Feng ve ark.,2013). Aşırı miktarda katalizör kullanımı naproksen eliminasyonu üzerinde süpürücü bir etkiye sahiptir.

$Fe^{+2} + \bullet OH \rightarrow Fe^{+3} + HO^- \bullet$

Çözeltideki katalizör dozu maksimum aralığı aşarsa, üretilen • OH aşırı katalizör tarafından tüketilir. Aslında, yüksek H_2O_2 konsantrasyonunda naproksenin'in azalmasının asıl nedeni, yüksek konsantrasyondaki hidrojen peroksitin • OH ile reaksiyona girmesi ve ardından H_2O ve O_2 oluşmasıdır.

$H_2O_2 + \bullet OH \rightarrow H_2O + HO_2 \bullet$

Aynı deney koşullarına ek olarak 365 nm'de UV ışığı etkisi incelenmiş ve bozunmanın 5 dakika içerisinde 98,4 e yükseldiği görülmüştür(Feng ve ark.,2013).

4.1.5 Elektrokimyasal Oksidasyon

Anodik oksidasyon, bir elektrokimyasal hücrenin anot yüzeyinden yardımı ile oksidatif süreçlerle (Domínguez ve ark.,2012) kirletici maddenin atık sudan oksidasyonunu sağlayabilen elektrokimyasal teknolojidir (Rosal ve ark.,2008). Elektrokimyasal oksidasyon çevre dostu bir alternatiftir, çünkü kirleticilerin mineralizasyonunda herhangi bir oksitleyici kullanılmaz. Bu proses de gerekli olan tek şey elektrottur (Díaz ve ark.,2019). Elektrokimyasal oksidasyon da PbO_2 , metal katkılı SnO_2 ve bor katkılı elmas (BDD) gibi elektrotlar kullanılır (Chin ve ark.,2014).Bunun yanı sıra karbon nanotüpleri (CNT) ve çok duvarlı karbon nanotüpleri (MWCNT) elektrot performansını geliştirebilme amacıyla sık kullanılır. Karbon nanotüpler aktif yüzey alanını arttırır ve dolayısıyla daha fazla elektrot stabilitesi sağlanır (Díaz ve ark.,2019).Platin nanopartiküller kaplı FTO(flor katkılı kalay oksit) cam ile naproksenin elektrokimyasal oksidasyonu için yapılan bir çalışma da çözelti pH değerinin düşük olması naproksenin bozunma verimliliğinin arttırdığı ifade edilmiştir(Chin ve ark.,2014). Qian ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada grafen oksitin yüksek hassasiyeti (0.60 uAμM) katalitik oksidasyonu kolaylaştırdığı belirlenmiştir.Grafen oksit, diğer grafen oksit bazlı nanomalzemelere kıyasla en yüksek sinyali sergilemiştir(Qian ve ark.,2020). Bor katkılı elmas elektrotlar (BDD) ile yapılan çalışmada %94 naproksen giderilmiştir(Urtiaga ve ark.,2013).Tablo.2'de naproksenle ilgili yapılan çalışmalar özetlenmiştir.

4.2. İleri Arıtım ile Giderim Yöntemleri

4.2.1 Adsorpsiyon

İçme suyu arıtımında, doğal/sentetik organik bileşiklerin uzaklaştırılması için toz aktif karbon (PAC) veya granül aktif karbon (GAC) içeren adsorpsiyon işlemleri çok sık uygulanmaktadır(Pereira ve ark.,2007). Adsorbsiyon, farmasötik maddelerin elektrostatik etkileşimi ve hidrofobikliğine bağlıdır(Isidori ve ark.,2005).Naproksen asidik özellik gösterir ve içme suyunda anyonik formda bulunur. Log Kow değerlerine göre de hidrofiliktir(Pereira ve ark.,2007).Naproksenin pKa değeri 4,15 tir ve nötral pH da iyonlaşır ve arıtma çamuruna olan adsorbsiyon eğilimi düşüktür. Nötral pH değerinde asidik farmasötikler atıksuda çözünmüş halde bulunurlar(Isidori ve ark.,2005).

4.2.2 Membran Prosesleri

Membran proseslerinde arıtım, membranın türü, karakteristiği, işletim koşulları ve mikrokirleticinin karakteristiği gibi faktörlere bağlıdır. Nanofiltrasyon (NF) ve ters ozmoz (RO)'un farmasötiklerin gideriminde etkili olduğu görülmüştür(Cedat ve ark.,2016). Farmasötiklerin atık sularından uzaklaştırılmasında NF düz levha modülünün araştırıldığı çalışmada naproksen (% 60) karbamazepin ile karşılaştırıldığında daha fazla tutulmuştur. pH=7 de naproksen (pKa=4.2) protondan arındırılmışken karbamazepin (pKa=13.9) arındırılamamıştır. Naproksen negatif yüklü membran yüzeyinden reddedilirken karbamazepin'in uzaklaştırılamadığı gözlenmiştir(Akkurt ve Oguz,2019).

4.2.3 MBR Prosesleri

Membran biyoreaktör proseslerinde, aktif çamur biyolojik arıtımı ve membran filtrasyonunu (MF ve UF) içerir. Membran biyoreaktörler mikrobiyal ayırma kabiliyeti, hidrolik bekletme süresinin kontrolü, yüksek biyokütle içeriği ve düşük çamur üretimi gibi avantajlara sahiptir. Membran biyoreaktörler, dirençli ve çeşitli mikrokirleticilerin yapıştığı bileşiği yüzeyinde tutabilir ve uzun SRT si sayesinde mikrokirleticileri degredasyona uğratma kapasitesi yüksektir(Akkurt ve Oguz,2019). Membran biyoreaktörler de mikrokirleticilerin uzaklaştırılması, çamur yaşı ve konsantrasyonu, anoksik ve anaerobik bölmelerin varlığı, atık suyun bileşimi, işletim sıcaklığı, pH ve iletkenlik gibi birçok parametreye bağlı olarak değişir. Laboratuvar ölçekli yapılan bir membran biyoreaktör ve klasik aktif çamur karşılaştırmalı proses de geleneksel yönteme kıyasla membranbiyoreaktörün naproksen ve birkaç farmasötik ürünü %80 giderdiği gözlenmiştir(Akkurt ve Oguz,2019). Falas ve ark. yaptığı hibrid hareketli yataklı biyofilm-aktif çamur prosesinde yaklaşık %100 naproksen giderimi olduğu ifade edilmiştir. Yapılan çalışmalarda kullanılan yöntemler ve arıtma verimleri Tablo.2'de özetlenmiştir.

Tablo. 2 Naproksenin Arıtım Yöntemleri

Yöntem	Deney Koşulları	Arıtma Verimi (%)	Referans
UV/H_2O_2	UV/H_2O_2 ile 205-500 nm pH=7	36	Pereira ve ark. 2007
UV/H_2O_2	(MP) Hg Lamba + UV/H_2O_2 (205-500 nm)	52	Pereira ve ark. 2007
Yarı-iletken fotokataliz	V=200 ml T=30 CTiO_2 1 mg/l Co=10 boyunca Xe lambasına (290nm)	75	Molinari ve ark .2006
Ozonlama	t(O_3)=10-20 dk, pH = 7.5	57	Klavarioti ve ark.2009
Ultrasound	[NPX]=100 mg/L kHz=40 W/L=650 T=120dk	19,9	Karaca ve ark. 2016
Ultrasound	ZnO / MMT nanokompozit	73,6	Huamin ve ark.2016
US/SWNT(tek C'lu nanotüp)	t:30 dk, pH=3.6 , kHz:28, T=15°C, 25°C, 35° ,55°C , M: 5M NPX	52,5	Jong ve ark. 2013
US/SWNT(tek C'lu nanotüp)	t:30 dk, pH=10.5, kHz: 1000, T=15°C, 25°C, 35° C,55 °C , M: 5M NPX	99	Jong ve ark. 2014
Fenton	T=60 dk,pH = 3,(NPX-MGO-H_2O_2)(10^{-5} mol L^{-1},1gL^{-1}, 5.10^{-3} mol L^{-1})	100	Feng ve ark.,2013
Fotofenton	T=60 dk,pH = 3 (NPX-MGO-H2O2) (10^{-5} mol L^{-1},1gL^{-1}, 5.10^{-3} mol L 1) 365 nm'de UV ışığı	98,4	Feng ve ark.,2013
Membran NF	Düz tabaka, alan 3.5 m^2 ; TMP = 0,3 veya 0,7 bar	60	Röhricht ve ark. 2009
MMBR	V= 5 L,t=24 saat	100	Falas ve ark. 2012
Adsorpsiyon	1 mg/L GAC	46,6	Rossner ve ark.2009
Adsorpsiyon	5 mg/L PAC	52-57	Snyder ve ark. 2007
Elektrokimyasal Oksidasyon	BDD anodik alan= 70 cm^2, V= 2 L ve t=60 dk	94	Urtiaga ve ark.,2013
Fotoelektrokataliz	Bi_2MoO_6–BDD elektrotlar,laser light 514nm,15 mg/L	85	Zhao ve ark. 2009

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Naproksen Avrupa Birliği tarafından öncelikli kirleticiler listesinde yer alan ve önemli oranda kullanılan bir ilaçtır.Naproksenin iz miktarlarda alıcı olarak bulunması ekotoksik etkiler yarattığı için atıksu arıtım ünitelerinde etkili bir giderimin sağlanası gerekmektedir.Biyolojik parçalanmaya dirençli olması konvensiyonel arıtım ünitelerini etkisiz kılmıştır.bu yüzden ileri arıtım/oksidasyon prosesleri ile arıtımın sağlanması gerekmektedir.Mevcut konvensiyonel proseslern ileri arıtım prosesleri ile modifiye edilerek yeterli arıtım verimine ulaşılması çevresel ve ekonomik bir yaklaşım olarak değerlendirilebilir.

KAYNAKLAR

AKKURT, Ş., OGUZ, M. (2019) , Atıksu Arıtma Tesislerinde Mikrokirleticilerin Arıtılabilirliği, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi,* 22 (2), 58-77.

Andreozzi, R., Caprio, V., Marotta, R., & Radovnikovic, A. (2003). Ozonation and H2O2/UV treatment of clofibric acid in water: A kinetic investigation. *Journal of Hazardous Materials*, *103*(3), 233–246.

Arany, E., Szabó, R. K., Apáti, L., Alapi, T., Ilisz, I., Mazellier, P., Dombi, A., & Gajda-Schrantz, K. (2013). Degradation of naproxen by UV, VUV photolysis and their combination. *Journal of Hazardous Materials*, *262*, 151–157.

Boyd, G. R., Zhang, S., & Grimm, D. A. (2005). Naproxen removal from water by chlorination and biofilm processes. *Water Research*, *39*(4), 668–676.

Brozinski, J. M., Lahti, M., Oikari, A., & Kronberg, L. (2011). Detection of naproxen and its metabolites in fish bile following intraperitoneal and aqueous exposure. *Environmental Science and Pollution Research*, *18*(5), 811–818. 4

Calza, P., Sakkas, V. A., Medana, C., Baiocchi, C., Dimou, A., Pelizzetti, E., & Albanis, T. (2006). Photocatalytic degradation study of diclofenac over aqueous TiO2 suspensions. *Applied Catalysis B: Environmental*, *67*(3–4), 197–205.

Cédat, B., de Brauer, C., Métivier, H., Dumont, N., & Tutundjan, R. (2016). Are UV photolysis and UV/H 2 O 2 process efficient to treat estrogens in waters? Chemical and biological assessment at pilot scale. *Water Research*, *100*, 357–366.

Chin, C. J. M., Chen, T. Y., Lee, M., Chang, C. F., Liu, Y. T., & Kuo, Y. T. (2014). Effective anodic oxidation of

naproxen by platinum nanoparticles coated FTO glass. *Journal of Hazardous Materials*, *277*, 110–119.
Díaz, E., Stozek, S., Patiño, Y., & Ordóñez, S. (2019). Electrochemical degradation of naproxen from water by anodic oxidation with multiwall carbon nanotubes glassy carbon electrode. *Water Science and Technology*, *79*(3), 480–488.
Dogan, A., Płotka-Wasylka, J., Kempińska-Kupczyk, D., Namieśnik, J., & Kot-Wasik, A. (2020). Detection, identification and determination of chiral pharmaceutical residues in wastewater: Problems and challenges. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, *122*, 115710.
Ebele, A. J., Abou-Elwafa Abdallah, M., & Harrad, S. (2017). Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in the freshwater aquatic environment. *Emerging Contaminants*, *3*(1), 1–16.
Falås, P., Baillon-Dhumez, A., Andersen, H. R., Ledin, A., & La Cour Jansen, J. (2012). Suspended biofilm carrier and activated sludge removal of acidic pharmaceuticals. *Water Research*, *46*(4), 1167–1175.
Feng, L., van Hullebusch, E. D., Rodrigo, M. A., Esposito, G., & Oturan, M. A. (2013). Removal of residual anti-inflammatory and analgesic pharmaceuticals from aqueous systems by electrochemical advanced oxidation processes. A review. *Chemical Engineering Journal*, *228*, 944–964.
Fonseca Couto, C., Lange, L. C., & Santos Amaral, M. C. (2018). A critical review on membrane separation processes applied to remove pharmaceutically active compounds from water and wastewater. *Journal of Water Process Engineering*, *26*(September), 156–175.
Górny, D., Guzik, U., Hupert-Kocurek, K., & Wojcieszyńska, D. (2019). A new pathway for naproxen utilisation by Bacillus thuringiensis B1(2015b) and its decomposition in the presence of organic and inorganic contaminants. *Journal of Environmental Management*, *239*(February), 1–7.
Grenni, P., Patrolecco, L., Ademollo, N., Tolomei, A., & Barra Caracciolo, A. (2013). Degradation of Gemfibrozil and Naproxen in a river water ecosystem. *Microchemical Journal*, *107*, 158–164.
Halil Kabak, D. D. M. B., & Fallis, A. . (2019). An Examınatıon Of The Adsorptıon Characterıstıcs Of Varıous Pharmaceutıcals On To Lıve Actıvated Sludge System. Halil. *Journal Of Chemical Information And Modeling*, *53*(9), 1689–1699.
Hernando, M. D., Heath, E., Petrovic, M., & Barceló, D. (2006). Trace-level determination of pharmaceutical residues by LC-MS/MS in natural and treated waters. A pilot-survey study. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, *385*(6), 985–991.
Hou, J., Lin, J., Fu, H., Wan, Y., Qu, X., Xu, Z., & Zheng, S. (2020). Vitamin B12 derived CoCNx composite confined in SBA-15 as highly effective catalyst to activate peroxymonosulfate for naproxen degradation. *Chemical Engineering Journal*, *389*(January), 124344.
Im, J. K., Heo, J., Boateng, L. K., Her, N., Flora, J. R. V., Yoon, J., Zoh, K. D., & Yoon, Y. (2013). Ultrasonic degradation of acetaminophen and naproxen in the presence of single-walled carbon nanotubes. *Journal of Hazardous Materials*, *254–255*(1), 284–292.
Isidori, M., Lavorgna, M., Nardelli, A., Parrella, A., Previtera, L., & Rubino, M. (2005). Ecotoxicity of naproxen and its phototransformation products. *Science of the Total Environment*, *348*(1–3), 93–101.
Kanakaraju, D., Glass, B. D., & Oelgemöller, M. (2018). Advanced oxidation process-mediated removal of pharmaceuticals from water: A review. *Journal of Environmental Management*, *219*, 189–207.
Kanakaraju, D., Motti, C. A., Glass, B. D., & Oelgemöller, M. (2015). TiO2 photocatalysis of naproxen: Effect of the water matrix, anions and diclofenac on degradation rates. *Chemosphere*, *139*, 579–588.
Karaca, M., Kiranşan, M., Karaca, S., Khataee, A., & Karimi, A. (2016). Sonocatalytic removal of naproxen by synthesized zinc oxide nanoparticles on montmorillonite. *Ultrasonics Sonochemistry*, *31*, 250–256.
Klavarioti, M., Mantzavinos, D., & Kassinos, D. (2009). Removal of residual pharmaceuticals from aqueous systems by advanced oxidation processes. *Environment International*, *35*(2), 402–417.
Kulik, N., Trapido, M., Goi, A., Veressinina, Y., & Munter, R. (2008). Combined chemical treatment of pharmaceutical effluents from medical ointment production. *Chemosphere*, *70*(8), 1525–1531.
Liu, Y., Tang, Y., Wu, Y., Feng, L., & Zhang, L. (2019). Degradation of naproxen in chlorination and UV/chlorine processes: kinetics and degradation products. *Environmental Science and Pollution Research*, *26*(33), 34301–34310.
Luo Y, W. Guo, H. H. Ngo, L. D. Nghıem, F. I. Haı, J. Z. and X. C. W. (2014). "A review on the occurrence of micropollutants in the aquatic environment and their fate and removal during wastewater treatment." *Science of the Total Environment*, *473*, 619–641.
Mackuľak, T., Černanský, S., Fehér, M., Birošová, L., & Gál, M. (2019). Pharmaceuticals, drugs, and resistant microorganisms — environmental impact on population health. *Current Opinion in Environmental Science and Health*, *9*, 40–48.
Madikizela, L. M., Tavengwa, N. T., & Chimuka, L. (2017). Status of pharmaceuticals in African water bodies: Occurrence, removal and analytical methods. *Journal of Environmental Management*, *193*, 211–220.
Méndez-Arriaga, F., Esplugas, S., & Giménez, J. (2008). Photocatalytic degradation of non-steroidal anti-inflammatory drugs with TiO2 and simulated solar irradiation. *Water Research*, *42*(3), 585–594.
Molinari, R., Pirillo, F., Loddo, V., & Palmisano, L. (2006). Heterogeneous photocatalytic degradation of

pharmaceuticals in water by using polycrystalline TiO2 and a nanofiltration membrane reactor. *Catalysis Today*, *118*(1–2), 205–213.

Pereira, V. J., Linden, K. G., & Weinberg, H. S. (2007). Evaluation of UV irradiation for photolytic and oxidative degradation of pharmaceutical compounds in water. *Water Research*, *41*(19), 4413–4423.

Qian, L., Thiruppathi, A. R., Elmahdy, R., van der Zalm, J., & Chen, A. (2020). Graphene-oxide-based electrochemical sensors for the sensitive detection of pharmaceutical drug naproxen. *Sensors (Switzerland)*, *20*(5), 1–13.

Rosal, R., Rodríguez., A., Gonzalo, M. S., & García-Calvo, E. (2008). Catalytic ozonation of naproxen and carbamazepine on titanium dioxide. *Applied Catalysis B: Environmental*, *84*(1–2), 48–57.

Sehonova, P., Plhalova, L., Blahova, J., Doubkova, V., Prokes, M., Tichy, F., Fiorino, E., Faggio, C., & Svobodova, Z. (2017). Toxicity of naproxen sodium and its mixture with tramadol hydrochloride on fish early life stages. *Chemosphere*, *188*, 414–423.

Trenholm, R. A., Vanderford, B. J., Holady, J. C., Rexing, D. J., & Snyder, S. A. (2006). Broad range analysis of endocrine disruptors and pharmaceuticals using gas chromatography and liquid chromatography tandem mass spectrometry. *Chemosphere*, *65*(11), 1990–1998.

Urase, T., & Kikuta, T. (2005). Separate estimation of adsorption and degradation of pharmaceutical substances and estrogens in the activated sludge process. *Water Research*, *39*(7), 1289–1300.

Urtiaga, A. M., Pérez, G., Ibáñez, R., & Ortiz, I. (2013). Removal of pharmaceuticals from a WWTP secondary effluent by ultrafiltration/reverse osmosis followed by electrochemical oxidation of the RO concentrate. *Desalination*, *331*, 26–34.

Wang, F., Wang, Y., Feng, Y., Zeng, Y., Xie, Z., Zhang, Q., Su, Y., Chen, P., Liu, Y., Yao, K., Lv, W., & Liu, G. (2018). Novel ternary photocatalyst of single atom-dispersed silver and carbon quantum dots co-loaded with ultrathin g-C3N4 for broad spectrum photocatalytic degradation of naproxen. *Applied Catalysis B: Environmental*, *221*(September 2017), 510–520.

Zaied, B. K., Rashid, M., Nasrullah, M., Zularisam, A. W., Pant, D., & Singh, L. (2020). A comprehensive review on contaminants removal from pharmaceutical wastewater by electrocoagulation process. *Science of the Total Environment*, *726*, 138095.

Zhang, D. Q., Hua, T., Gersberg, R. M., Zhu, J., Ng, W. J., & Tan, S. K. (2013). Carbamazepine and naproxen: Fate in wetland mesocosms planted with Scirpus validus. *Chemosphere*, *91*(1), 14–21.

Zhang, H., Wang, Z., Huang, H., Cui, Z., & Huang, D. (2016). Effect of ultrasonication on the dilution crystallization of naproxen. *Separation Science and Technology (Philadelphia)*, *51*(11), 1932–1939.

ATIK SULARDA COVİD-19 VARLIĞI VE POTANSİYEL ETKİLERİ

Elif Durna
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Çevre Mühendisliği Bölümü
elif.durna@kocaeli.edu.tr /92elifdurna@gmail.com

Özet

Covid-19, SARS ve MERS'i de içeren bir grup virüse ait yeni bir RNA virüsüdür ve Coronaviridae ailesindeki Nidovirales sıralamasındaki 37'den fazla koronavirüsten biridir. Şu anda dünya çapında 60 milyondan fazla insanın enfekte olduğu, etkilenen ülkelerin sağlık sistemleri, ekonomileri ve toplumları üzerinde ürkütücü etkisi olan büyük bir salgına neden olmaktadır. Virüsler, bakteriler ve protozoa dahil olmak üzere suyla taşınan patojenler, kanalizasyon, kentsel yüzey akışı ve atık su deşarjları yoluyla kentsel su döngüsüne bulaşabilir. Nitekim atık su arıtma tesislerinde, mililitrede 10^8 ila 10^{10} viral partikül arasında değişen yüksek konsantrasyonlarda virüs partikülü olduğu bildirilmiştir. Şu anda, Covid-19 hastalığının yayılması için ek bulaşma yollarının önemi net değildir. SARS'a benzer şekilde, yeni ortaya çıkan Covid-19 viral RNA'sı dışkı örneklerinde ve atık sularda tespit edilmiştir. Bu nedenle, atık suyun bu tip salgınlar sırasında dolaylı bir enfeksiyon yolu olabileceği varsayılmaktadır. Dezenfeksiyonlu geleneksel kanalizasyon arıtma yöntemlerinin Covid-19'u ortadan kaldırması beklenmektedir ancak artan vaka sayısı ile birlikte yüksek virüs yüklerinin akıbeti endişe vericidir. Yakın zamanda yapılan çalışmalar ile bulaşıcı Covid-19 virüsünün 7 güne kadar musluk suyu ve atık suda kalabileceğini görülmüştür. Bu nedenle daha düşük kanalizasyon arıtma tesislerine sahip Hindistan gibi yoğun nüfuslu ülkeler için kirlenme olasılığı son derece yüksektir. Bu çalışmada şiddeti artan pandemi ile birlikte Covid-19 virüsünün atık sularda izlendiği literatür çalışmaları, atık su arıtımı, yeniden kullanım ve erken takip sistemleri açısından değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Covid-19, Fekal-oral bulaşma, Atık su bazlı epidemiyoloji

Covid-19 Presence and Potential Effects in Wastewater

Abstract

Covid-19 is a novel RNA virus belonging to a group of viruses that includes amongst others SARS and MERS. Covid-19 is one of more than 37 coronaviruses in the Coronaviridae family, within the order Nidovirales, It is currently causing a massive epidemic with a daunting effect on the health systems, economies, and societies of affected countries, with over 60 million people infected worldwide. Waterborne pathogens, including viruses, bacteria, and protozoa, can be transmitted to the urban water cycle through sewage, urban runoff, and wastewater discharges. Indeed, high concentrations of virus particles, ranging from 108 to 1010 viral particles per milliliter, have been reported in wastewater treatment plants. Currently, the importance of additional transmission routes for the spread of Covid-19 disease is unclear. Similar to SARS, newly emerging Covid-19 viral RNA has been detected in stool samples and wastewater. Therefore, it is assumed that wastewater may be an indirect route of infection during such epidemics. Traditional sewage treatment methods with disinfection are expected to eliminate Covid-19, but the fate of high virus loads with the increasing number of cases is worrying. Recent studies have shown that the infectious Covid-19 virus can remain in tap water and wastewater for up to 7 days. Therefore, the possibility of contamination is extremely high for countries like India with lower sewage treatment facilities. In this study, literature studies in which the Covid-19 virus was monitored in wastewater were evaluated in terms of wastewater treatment, reuse and early tracking systems.

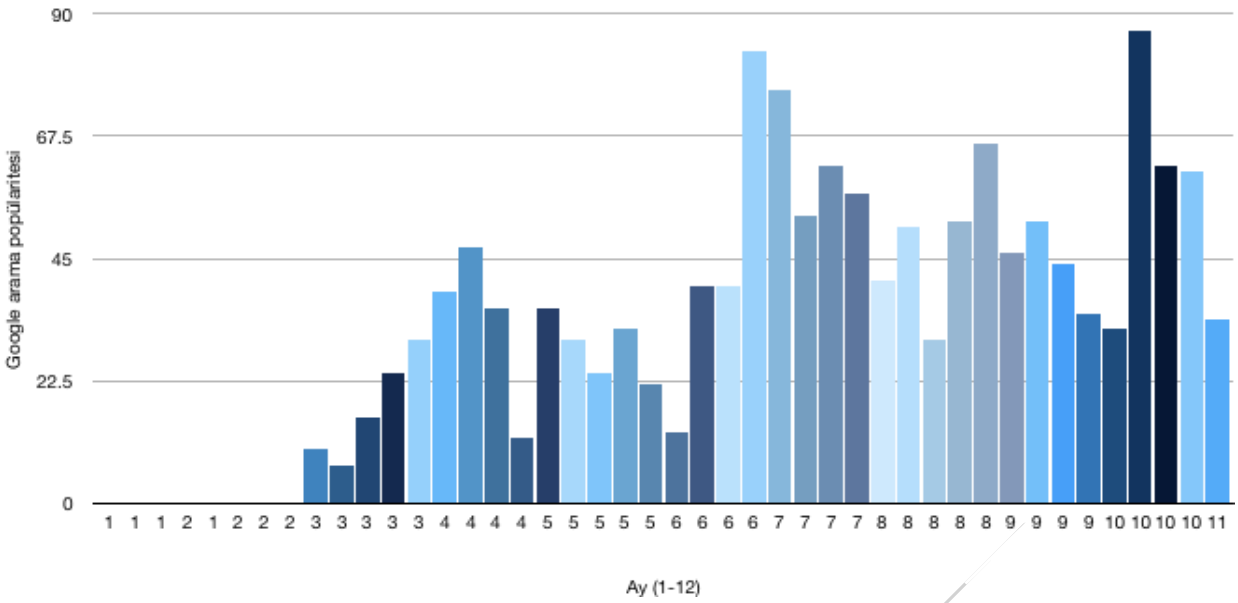
Keywords: Covid-19, Fecal-oral transmission, Wastewater-based epidemiology

1. GİRİŞ

Koronavirüsler boyutları 60 ila 220 nm arasında değişen, zarflı, tek sarmallı, pozitif duyarlı RNA virüsleridir. Yeni bir on yılda, yeni bir koronavirüs salgını ile karşı karşıya olduğumuz görülmektedir. 2000'li ve 2010'lu yıllarda salgın yapmış *SARS* ve *MERS gibi* diğer koronavirüsler de zoonotik

kökenlidir; *SARS'ın*'un egzotik hayvanlardan, MERS'in ise develerden insana geçerek epidemilere yol açtığı tespit edilmiştir (Perlman, 2020). SARS epidemisi 2002 Kasım ayının ortalarında Çin Halk Cumhuriyeti'nin Guangdong eyaletinde başlamış; 2003 Mart ayında Singapur, Hong Kong ve Hanoi'de ağır pnömoni vakaları görülmesi üzerinde Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından dünyaya duyurulmuştur. Salgın dünya geneline yayılmış, vakalar 29 ülkede görülmüş, olası vaka sayısı 8096, ölenlerin sayısı da 774 olarak verilmiş, fatalite oranı da %7-17 olarak tespit edilmiştir (Zhao ve ark. 2003). MERS epidemisi ise Eylül 2012'de tanımlanmış, DSÖ verilerine göre Ocak 2020 itibariyle laboratuvar onaylı 2494 vaka 27 ülkede saptanmış, toplum ölüm sayısı 858 olarak belirlenmiştir. Günümüzde de MERS vakaları görülmeye devam etmektedir. 2019 koronavirüs salgını ilk kez virüsün genetik yapısı ile birlikte Zhu ve ark. tarafından özet rapor olarak 24.01.2020 tarihinde sunulmuştur. İki vakanın iyileştiği, bir vakanın ise solunum yetmezliği nedeniyle hayatını kaybettiği bu vaka serisinde vakalardan izole edilen ve *2019-nCoV* olarak adlandırılan bu virüsün *Betacoronavirus* cinsinin *Sarbecovirus* alt-cinsine ait olduğu yarasa kökenli *SARS-like CoV* (bat-SL-CoVZC45, MG772933.1) ile %86,9 oranında nükleotid sekans benzerliği taşıdığı gösterilmiştir (Zhu ve ark. 2020).

Covid-19, SARS ve MERS'i de içeren bir grup virüse ait yeni bir RNA virüsüdür ve Coronaviridae ailesindeki Nidovirales sıralamasındaki 37'den fazla koronavirüsden biridir. Adı, taç benzeri bir şekil veren zarfı süsleyen sivri glikoproteinlerden türemiştir (crown-like) (Bogler et al., 2020). Şu anda dünya çapında 60 milyondan fazla insanın enfekte olduğu, etkilenen ülkelerin sağlık sistemleri, ekonomileri ve toplumları üzerinde ürkütücü etkisi olan büyük bir salgına neden olmaktadır (Bar-Or et al., n.d.). Covid-19 hastalığının yayılması için ek bulaşma yollarının önemi net değildir. Birincil bulaşma şekli, insanların öksürdüğü, hapşırdığı veya nefes verdiği solunum damlacıkları yoluyladır ve ayrıca fomitler yoluyla da yayılabilir. SARSCoV-2, 2003 yılında salgına neden olan SARS koronavirüse %82 oranında benzerdir. SARS hastalarının% 16-73'ünde solunum semptomlarına ek olarak ishal olduğu ve SARS'ın hava havalandırma sistemleri yoluyla dışkıdan su damlacıkları yoluyla bulaştığı bildirilmiştir (Medema ve ark. 2020). Covid-19 esas olarak solunum, hava yoluyla bulaşan bir virüs olmasına rağmen, 2003 salgınında SARS virüsünün hastaların dışkılarında saptanmasına dayalı olarak fekal-oral bulaşma olasılığı göz önünde bulundurulmaktadır (Duan et al., 2003), (Wu et al., 2020), (Wang ve ark. 2020). Gundy ve ark. (2009) çalışmalarında SARS'ın kanalizasyonda 4 °C'de 14 gün, 20 °C'de 2 gün yaşayabildiği ve RNA'sının inaktif olmasına rağmen 8 gün boyunca tespit edilebildiğini belirtmişlerdir. (Gundy ve ark. 2009). Wang ve ark. (2005) ise SARS hastalarından toplanan dışkı örneklerinde SARS'ın 4 gün boyunca hayatta kaldığını ve oda sıcaklığında 5 gün sonra tamamen çürüdüğünü göstermiştir. Aynı çalışma, virüsün evsel kanalizasyon sisteminde oda sıcaklığında 2 gün yaşayabildiğini ve 3 gün sonra tamamen bozunduğunu bulmuştur (Wang ve ark. 2005). Nitekim, Hong Kong'daki bir apartman kompleksindeki SARS koronavirüs salgını, atık sudaki virüslerin hava kanallarına taşınmasıyla ilişkilendirildi. Tüm bu bilgiler neticesinde Covid-19'un fekal/oral yolla bulaş sağlayıp sağlayamayacağı, atık su arıtma tesislerinin muhtemel bir bulaş yolu olup olmadığı pandeminin etkilerinin büyümesi ile birlikte araştırılmaya başlanmıştır. Şekil 1'de Google arama trendlerinde "kanalizasyon+covid" terimlerinin birlikte ne kadar aratıldığı gösterilmiştir. Özellikle pandemi etkilerinin tüm dünyada hissedilmeye başlandığı 2020 Mart ayından itibaren artan bir trend ile araştırıldığı görülmektedir. Bu terimleri en çok aratan ülkeler Tablo 1'deki gibi Avustralya, Kanada, Birleşik Krallık ve Hindistan olmuştur. Tablo 1'de diğer ilgili arama terimleri de gösterilmektedir.



Şekil 1. "Sewage+covid" terimlerinin aylara göre Google aratma trendi dağılımı

Tablo 1. "Sewage+covid" Google aratma verileri

Ülke	Aratma Popülaritesi	İlgili diğer aratma terimleri	Aratma Popülaritesi
Avustralya	100	covid in sewage	100
Kanada	39	covid sewage testing	39
Birleşik Krallık	29	covid in sewage water	21
Hindistan	20	spanish sewage covid 19	4

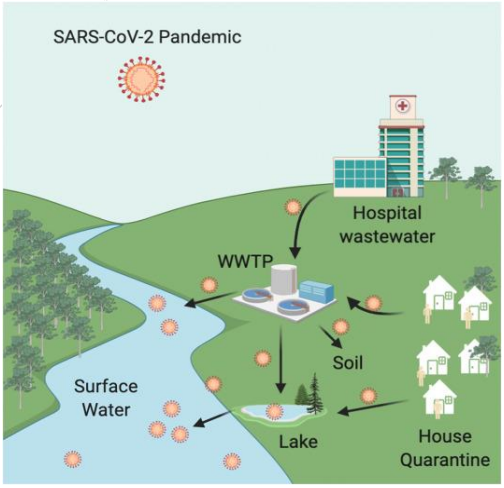
Benzer şekilde COVID-19 vakalarının önemli bir kısmında ishal de bildirilmiştir ve son raporlar, Covid-19 vakalarının dışkı örneklerinde tespit edildiğini göstermektedir. Covid-19'un dışkıda tespiti 9 vakalık bir kümede incelenmiştir ve semptom başlangıcından bir hafta sonra 10^7 RNA kopya / g dışkı iken ve semptom başlangıcından üç hafta sonra 10^3 RNA kopya / g'a düşmüştür. Yüksek RNA kopyalarına sahip dışkı örneklerinde, canlı virüs tespit edilmiştir (Medema ve ark. 2020). 2020 Ocak ayında Çin'in Wuhan kentini ziyaret edip Guangzhou kentindeki apartman dairesine (15. kat) gelen aile üyelerinde covid geliştikten sonra apartmanda 25. ve 27. dairede oturan çiftlerde enfekte olmuşlardır. Bina gözetim videoları izlenmiş ve bu ailelerin birbirleri ile doğrudan teması olmadığı doğrulanmıştır. Bu dairelerin hepsi aynı kanalizasyon borusunu kullanmaları fekal/oral bulaş iddalarını güçlendirmiştir (Kang ve ark. 2020).

Mevcut araştırmalar, Covid-19'un hastaların dışkı örneklerinden atıldığını göstermesine rağmen, yalnızca viral-RNA'nın saptanması, canlı virüsün varlığını ve Covid-19'un fekal-oral yolla bulaş sağladığını göstermez. Dünyanın dört bir yanından araştırmacılar bu konu üzerinde çalışmaktadırlar ve bunlardan birkaçı dışkı örneklerinde canlı Covid-19 varlığıyla olumlu sonuçlar elde ettiler, bu da olası fekal-oral bulaşmasını doğrulamaktadır. Dahası, Xing ve ark. (2020) tarafından yapılan yakın tarihli bir araştırmada, Covid-19'un bağırsak yolundaki diğer zarflı virüslerden çok daha yüksek bir direnç gösterdiğini belirtilmiştir (Xing ve ark. 2020). Dışkıda viral bulaşmanın kaydedildiği, negatif solunum sürüntülerinden sonraki gün sayısı, 7 günden (Chen ve ark. 2020),10 güne (Zhang ve ark. 2020), 20 güne (Xing ve ark. 2020) ve hatta 33 güne (Wu et al., 2020) kadar bildirilmiştir (Cahill and Morris 2020).

2. COVİD-19 VİRÜSÜNÜN ATIK SU TESİSLERİNDEKİ AKIBETİ

Virüsler, bakteriler ve protozoa dahil olmak üzere suyla taşınan patojenler, kanalizasyon, kentsel yüzey akışı, tarımsal faliyetler ve atık su deşarjları yoluyla kentsel su döngüsüne bulaşabilir. Nitekim, atık su arıtma tesislerinde, mililitrede 10^8 ila 10^{10} viral partikül arasında değişen yüksek konsantrasyonlarda virüs partikülü olduğu bildirilmiştir (Bar-Or et al., n.d.). İnsan atıklarında ve belediye atık sularında virüslerin varlığı ve akıbetiyle ilgili çalışmaların büyük çoğunluğu, gelişmemiş enterik virüslere (adenovirüsler, poliovirüsler, enterovirüsler, norovirüsler ve rotavirüsler) odaklanmıştır. Bu virüsler, insan bağırsak dokularında çoğalmaktadır ve hastalıkları öncelikle fekal-oral yolla iletirler. Enterik virüslerin bulaşmasında su ve gıdanın temel rolü nedeniyle, karmaşık çevresel matrislerde zarfsız enterik virüs tespiti için bir dizi yerleşik yöntem vardır. Zarflı virüslerin dış yüzeyindeki farklı işlevsel gruplar, zarfsız virüslere kıyasla onların sulu ortamlarda hayatta kalmalarını ve bölümleme davranışlarını farklılaştırır (Ye ve ark. 2016).

Virüsün kanalizasyon sistemine girişi, fekal-oral geçiş bağlamında dikkate alınması gereken çeşitli potansiyel taşıma yollarıyla sonuçlanır. Sanayileşmiş ülkelerde, toplanan evsel atık su ve viral yükün çoğu, merkezi atık su arıtma tesislerinde (AAT'ler) arıtılır. Bununla birlikte, geleneksel AAT'ler genellikle virüsleri tamamen ortadan kaldırmaz ve pandemiler sırasında yüksek düzeyde etkili viral yükler, deşarj öncesinde virüslerin yetersiz azalmasına neden olabilir. Ayrıca, tatlı su kıtlığı, artan hacimde arıtılmış atık suyun yeraltı suyunun yeniden doldurulması, gıda mahsullerinin rekreasyonu ve sulanması gibi çeşitli amaçlarla yeniden kullanılmasıyla sonuçlanır ve böylece Covid-19 iletimi için başka potansiyel yollar yaratır. Ek ve potansiyel olarak ciddi bir sağlık riski, yetersiz sanitasyon altyapısına (örneğin, açık kanalizasyonlar ve çevreye doğrudan boşaltma) sahip toplulukların arıtılmamış atık su veya dışkı ile enfekte olabileceği düşük gelirli ülkelerde fekal-oral bulaşmadır. (Bogler et al., 2020). SARS ve diğer hayvan koronavirüslerinin su ve kanalizasyonda bildirilen varlıkları Covid-19 enfeksiyonuyla bağlantılı ishal ve gastroenterit semptomları ile birlikte Covid-19 virüsünün gıda kaynaklı ve su yoluyla bulaşma olasılığını göstermektedir. Bu durum özellikle gelişmekte olan ülkelerde düşük su arıtma sistemleri nedeniyle kirlenmiş suları sulama için kullanmaları nedeniyle ek risk oluşturmaktadır. Genel olarak, atık su potansiyelini Covid-19'un bir iletim yolu olarak değerlendirmek çok önemlidir Şekil 2'de Covid-19 virüsünün atık su kaynaklı muhtemel bulaşma yolları gösterilmektedir.



Şekil 2. Covid-19 virüsünün atık su kaynaklı muhtemel bulaşma yolları (Mohapatra et al., 2020b)

Dezenfeksiyonlu geleneksel kanalizasyon arıtma yöntemlerinin Covid-19'u ortadan kaldırması beklenmektedir. Tipik bir tam ölçekli AAT'deki dezenfeksiyon, klorlama, ozonlama veya UV ışınıyla sağlanır. Bu işlemlerde virüs giderme, virüsün fizikokimyasal özelliklerine ve çalışma koşullarının seçimine bağlı olarak değişebilir. Proses parametrelerine ek olarak, virüs giderme, mevsimden mevsime farklılık gösteren ham su kalitesinden de önemli ölçüde etkilenir. Diğer koronavirüs türleri ile yapılan çalışmalar ile dezenfeksiyondan önce birincil ve ikincil arıtımı ile virüs sağ kalımının özellikle ikincil

arıtım ile azaldığını bildirmişlerdir. Covid-19 virüsünün zarfı, sabun, deterjan, alkol, çamaşır suyu ve diğer kimyasallara karşı savunmasız olan bir lipit çift tabakasından oluşur. Bu zar aynı zamanda onları klor veya diğer dezenfektanlarla inaktivasyona açık hale getirir. Bununla birlikte, korona virüsler arıtılmamış kanalizasyonda birkaç güne kadar, düşük sıcaklıklarda çok daha uzun süreler yaşayabildiğinden daha düşük kanalizasyon arıtma tesislerine sahip Hindistan gibi yoğun nüfuslu ülkeler için kirlenme olasılığı son derece yüksektir (Bhowmick et al., 2020).

İlk olarak Hollanda'daki atık su arıtma tesislerinden toplanan arıtılmamış atık suda Covid-19 viral RNA'nın tespiti bildirilmiştir. O zamandan beri, Avustralya, ABD ve Fransa'daki AAT'de viral RNA'nın tespit edildiğini gösteren başka raporlar gelmeye başlamıştır. Dünya Sağlık Örgütü'nün yakın tarihli bir bilimsel özetinde, Paris, Fransa; Murcia, İspanya; Brisbane, Avustralya; Hollanda'da birden çok yer; New Haven, Amerika Birleşik Devletleri, Pakistan Milano, İtalya'dan gelen atık su girişlerinde ve / veya çamurda bulaşıcı olmayan Covid-19 viral RNA'nın varlığı doğrulanmıştır. Covid-19 ile ilgili olarak, atık su arıtma süreçlerinin virüs üzerindeki etkileri konusunda bugüne kadar çok az araştırma yapılmıştır. Covid-19 iletiminde atık suyun rolünün anlaşılmasındaki en büyük zorluk, atık su numunelerinde tespit ve miktar tayini için standartlaştırılmış metodolojilerin olmamasıdır (Kitajima ve ark. 2020) Dünya Sağlık Örgütü, belediye AAT'lerinde bulunan filtrasyon ve dezenfeksiyon sistemlerinin virüslerin etkisiz hale getirilmesi için yeterli olması gerektiğini belirtmektedir. Ancak yapılan çalışmalar dezenfeksiyon sürecinin virüslerin yaşayabilirliğinin azaltılması için atık su arıtımında çok önemli bir adım olduğunu belirtmesine rağmen, hala AAT atık suyunda virüsün kalma olasılığı bulunduğunu belirtmektedir. Bununla birlikte, virüs su ortamına girse bile, koronavirüsleri içeren zarflı virüslerin bu tür sularda kısa bir hayatta kalma oranına sahip olduğuna inanılmaktadır (Cahill ve Morris 2020).

Randazzo ve arkadaşları (2020) çalışmalarında İspanya, Valensiya bölgesinde salgının ilk aşamalarında toplanan bir dizi atık su örneğinde Covid-19 tespiti için RT PCR kullanmışlardır. 12 Şubat - 14 Nisan 2020 tarihleri arasında üç atık su arıtma tesisinde alınan 15 numuneyi analiz etmişlerdir. Flokülasyon yoluyla viral içeriğin yoğunlaştırılmasının ardından, standart bir RT-qPCR prosedürü sonucunda 9 Mart - 14 Nisan 2020 tarihleri arasında toplanan 12/12 numunede Covid-19 RNA'sını ct değerleri 34 ile 37,84 arasında tespit etmişlerdir. Ayrıca tüm Valencia bölgesi'nde yalnızca 50 ve 76 kümülatif vaka beyan edildiği zamana karşılık gelen 9 Mart ve 11 Mart tarihlerinde toplanan örneklerde Covid-19 RNA'sını tutarlı bir şekilde tespit etmişlerdir. Bu durum atık su RT-qPCR analizinin Covid-19 salgınının erken tespiti için hassas ve güvenilir bir teknik olduğunu göstermektedir (Randazzo ve ark. 2020).

Rimoldi vd. (2020) çalışmalarında İtalya Milano Metropolitan Bölgesi'ndeki üç atık su arıtma tesisinden alınan arıtılmış ve arıtılmamış numuneler ve üç nehir numunesinde Covid-19 RNA tespiti için incelenmiştir. Arıtılmamış atık su numunelerinde Covid-19 tespit edilse de arıtımdan sonra alınan numunelerde virüs kalıntısına rastlanmamıştır. Ancak nehir numunelerinde muhtemelen arıtılmamış veya yetersiz şekilde arıtılmış deşarjlar veya birleşik kanalizasyon taşmaları nedeniyle zaman zaman tespit edilmiştir. Tespit edilen hiçbir numunelerde bulaşıcılık bulunmamıştır. Çalışma sonucunda üçüncül yani ileri arıtıma sahip olan AAT deşarjlarında virüse rastlanma olasılığı çok düşükken ikincil arıtım ile sınırlı AAT 'lerin virüs salımı yapabileceği belirtilmiştir (Rimoldi ve ark., 2020).

Genel olarak dezenfektanlar, çeşitli bileşenlerini hedef alarak Covid-19'u etkisiz hale getirebilir. UV ve ısıl işlemin viral genoma doğrudan zarar vermesi beklenirken, klorlama nükleokapsid ve polimeraz kompleks proteinlerine saldırarak virüsü etkisiz hale getirebilir. Ayrıca, koronavirüslerin hidrofobik zarflarının varlığı nedeniyle, çamur veya askıda katı maddeler üzerinde birikim gösterebileceği bildirilmiştir (Mohapatra ve ark. 2020b). Ye ve arkadaşlarının 2016 yılında yaptıkları çalışmada ham atık su örneklerinde iki model zarflı virüsün (MHV ve en6) ve iki zarfsız bakteriyofajın (MS2 ve T3) hayatta kalma ve bölümleme davranışını karşılaştırmışlardır. Zarflı virüslerin % 26'ya kadarı, zarfsız virüslerin % 6'sına kıyasla atık suyun katı fraksiyonuna adsorbe edildiğini gözlemlemişlerdir (Ye ve ark. 2016).

Kocamemi ve arkadaşlarının (2020) yaptığı çalışmada bu amaçla İstanbul 7 Mayıs 2020'de Ambarlı ve Tuzla AAT'lerinden iki ön çökeltim çamur örneği, Terkos, Ambarlı, Ataköy I & II, Pasaköy II, Büyükçekmece ve Tuzla I Atıksu Arıtma Tesislerinden yedi aktif çamur örneği toplanmıştır. ABD tarafından doğrulanan gerçek zamanlı RT-PCR teşhis yöntemi, İstanbul'daki AAT'lerden alınan birincil ve atık aktif çamur örneklerinde Covid-19 RNA'nın miktarını belirlemek için kullanılmıştır. Tüm numuneler pozitif test edildi. Covid-19 titreleri, litre başına $1.17x10^4$ ila $4.02x10^4$ arasında değişen kopyalar tespit edilmiştir. Ön çökeltim numunelerinde tespit edilen SARS-CoV-2 sayıları, aktif çamur numuneleri için gözlemlenenlere benzer bulunmuştur. Birincil ve ikincil çamurlarda 7 Mayıs 2020'de tespit edilen Covid-19 sayıları 21 Nisan 2020 tarihinde bu AAT'lerin girişinde atık sularından daha fazla bulunmuştur.7 Mayıs 2020'de İstanbul için bildirilen vaka sayısının 21 Nisan 2020 için bildirilen vakalardan daha az olduğu göz önüne alındığında, Covid-19 konsantrasyonlarının hem birincil hem de atık aktif çamurda atık sudan daha fazla olduğu sonucuna varılabilir.

2.1. Atık Su Bazlı Epidemiyoloji

Atık su bazlı epidemiyoloji, çocuk felci ve hepatit A için kanıtlanmış bir popülasyon çapında bulaşıcı hastalık izleme aracı olarak tanımlanmıştır ve Covid- 19 pandemisinin popülasyon çapında sürveyansı için önemli bir umut vaat etmektedir. Atık su bazlı epidemiyolojinin uygulama kapsamı, uyuşturucu kullanımı ve nüfus sağlığının değerlendirilmesinden gıda ve kimyasal tüketiminin sosyal, demografik ve ekonomik ilişkilerinin değerlendirilmesine kadar uzanmaktadır (Mao et al., 2020).

Covid- 19'un atık suda sürekli izlenmesi ilk önerildiğinde, virüsün yeterince yüksek oranlarda atık suya atılabileceği ve hem virüsün kendisinin hem de RNA'sının atık suda tespitinin çok değişken olabileceği düşünülmekteydi. İnsan dışkısında koronavirüs tespitine ilişkin son raporlar ve Hollanda, Amerika Birleşik Devletleri ve Avustralya'dan belediye atık sularında başarılı Covid-19 tespitine ilişkin üç ön rapor, bu endişelerin bazılarını ortadan kaldırmıştır. Yine de, atık suda Covid-19 izlenmesinden hangi bilgilerin elde edilebileceği ve bir kez mükemmelleştirilip farklı laboratuvarlarda tekrarlanabilir olduğu gösterilen bir testin hassas olup olmayacağı konusunda önemli bir belirsizlik vardır. Nüfus çapında elde edilecek daha iyi veriler ile pandemi nedeniyle nüfuslara yüklenen ekonomik zararın ve sosyal yükün azaltılmasına yardımcı olabilecektir (Hart ve Halden 2020). Covid-19 tespiti, dünya çapında COVID-19 hastalarının doğrulanması için kullanılan nükleik asit bazlı polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) testi ile gerçekleştirilebilir. Bunun yanı sıra Biyosensörler, ELISA veya kağıt tabanlı gösterge yöntemleriyle atık suda Covid-19'u tespit etmek için daha ucuz ve daha hızlı izleme araçları geliştirilmektedir.

Son zamanlarda yapılan bir araştırmaya göre, Covid-19 vakaları bildirilmeden önce kanalizasyon örneklerinde tespit edildiği belirlenmiştir ve bu da, vakalar sağlık sistemi aracılığıyla belgelenmeden önce virüs izlemenin mümkün olabileceğini ispatlamaktadır (Medema et al., 2020). Wurtzer vd. 2020 çalışmalarında 5 Mart'tan Nisan'a kadar Paris'te toplanan atık su örneklerinde yapılan bir başka yeni çalışma, Covid-19 genom birimlerindeki artışın ardından hem bölgesel hem de ulusal düzeyde kayıtlı ölümcül vaka sayısındaki artışın belirlendiğini ortaya koymuştur (Wurtzer ve ark., 2020). Virüsün kanalizasyonda düşük konsantrasyonlarda tespit edilmesi zorluklara neden olabilir. Bazı ilk veriler, nükleik asit bazlı polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) testinin ve tek adımlı RT damlacığı dijital PCR'nin virüs miktarının belirlenmesine ışık tutabileceğini düşündürmektedir. Bu yaklaşımlar yüksek özgüllük ve hassasiyete sahiptir, ancak zaman alıcıdırlar ve yetenekli personel gerektirirler ve gerçek zamanlı izleme yapıldığında ideal olmayan uzun bir veri işleme ve analiz süresi gerektirirler. Atık su matrisinin karmaşıklığı da patojen tespiti için zordur. Patojen analizi için ana yöntem nükleik asit bazlı polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) iken, atık suda PCR analizini etkileyebilecek yağ, protein ve diğer kimyasallar gibi çeşitli PCR inhibitörleri vardır. Basit, hızlı, uygun maliyetli, hassas, seçici ve çok hedefli analizler için analitik araçlar gereklidir.

Kağıt analitik cihazları, virüslerin ve diğer patojenlerin nükleik asit dizilerinin düşük maliyetli tespiti için geçerli platformlar olarak ortaya çıkmıştır. Tüm prosedür, bir güç kaynağına veya başka ek araçlara ihtiyaç duyulmadan, kağıt bazlı bir cihazın birkaç şekilde basit bir şekilde katlanmasıyla

gerçekleştirilebilir ve böylece PCR testlerinin zaman alıcı sınırlamalarının çoğunun üstesinden gelinebilir. Kağıt analitik sensörler tam kandan sıtmanın teşhisinde başarıyla kullanılmış ve ve PCR'den daha kaliteli ve daha hızlı kesin bir teşhis sağlamıştır. Bilim adamları Covid-19 tespiti için bu tip analitik cihazların kullanılmaya başlanmasının geniş çaplı epidemiyolojik bilgi sağlayacağı görüşündedir.

3. SONUÇ VE TARTIŞMA

Binalarda ve özellikle umumi tuvaletlerde covid-19'un dışkıdaki aoresoller ile bulaşma olasılığı oldukça yüksek olup, atık su arıtma tesislerinin çıkış sularında canlı virüsün bulunma olasılığı oldukça düşüktür.

Bunların yanı sıra düşük arıtma tesislerine sahip Hindistan gibi yoğun nüfuslu ülkeler için kirlenme olasılığı halen yüksek kabul edilmektedir.

Covid-19'un inaktivasyonunu doğrulamak ve etki mekanizmasını aydınlatmak için ek çalışmaların yapılması gerekmektedir. Viral aerosollerin solunması ve kontamine atık ve çamura maruz kalma, potansiyel olarak enfeksiyonlara neden olabilir. Bu nedenle atık su arıtımı ve arıtma çamurunun taşınması sırasında aerosol oluşumunu en aza indirmek için ekstra önlemler alınmalıdır. Hastanelerdeki, karantina tesislerindeki ve AAT'lerdeki işçilere uygun kişisel koruyucu ekipman sağlanmalıdır. Sağlık ve AAT çalışanları, virüsün yayılmasını en aza indirmek için WHO ve WASH yönergelerini takip etmelidir.

Bazen ciddi salgın hastalıklarda, laboratuvar tesisleri kolaylıkla aşırı yüklenir ve çoğu vaka bildirilmez. Buna ek olarak, küresel kentleşmenin hızlanması ve nüfustaki eşi görülmemiş artışla birlikte, mevcut bulaşıcı hastalık izleme ve yönetim sistemi için şüphesiz bir zorluk oluşturan hızlı sağlık izleme ve müdahale için daha yüksek gereksinimler önerilmektedir. Bu nedenle bulaşıcı hastalıkların önlenmesi ve erken uyarılması için yeni izleme ve yönetim yaklaşımlarına ihtiyaç vardır. Atık su bazlı bir epidemiyoloji yaklaşımının benimsenmesi, etkili bir erken uyarı sisteminin kurulması ve ardından atık su kaynağında veya toplama noktalarında Covid-19'un yerinde hızlı tespiti için hızlı bir müdahale sisteminin uygulanması için faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

Bar-Or I., Yaniv K., Shagan M., Ozer E., Erster O., Mendelson E., Mannasse B., Shirazi R., Kramarsky-Winter E., Nir O., Abu-Ali H., Ronen Z., Rinott E., Lewis Y. E., Friedler E., Bitkover E., Paitan Y., Berchenko Y., & Kushmaro, A. 2020. Regressing SARS-CoV-2 sewage measurements onto COVID-19 burden in the population: a proof-of-concept for quantitative environmental surveillance. MedRxiv. 20062679.

Bhowmick G.D., Dhar D., Nath D., Ghangrekar M.M., Banerjee R., Das S., & Chatterjee J. 2020. Coronavirus disease 2019. (COVID-19) outbreak: some serious consequences with urban and rural water cycle. Npj Clean Water 3(1).

Bogler A., Packman A., Furman A., Gross A., Kushmaro A., Ronen A., Dagot C., Hill C., Vaizel-Ohayon D., Morgenroth E., Bertuzzo E., Wells G., Kiperwas H. R., Horn H., Negev I., Zucker I., Bar-Or I., Moran-Gilad J., Balcazar J. L., Bar-Zeev E. 2020. Rethinking wastewater risks and monitoring in light of the COVID-19 pandemic. In Nature Sustainability. Nature Research 1-10.

Cahill N., & Morris D. 2020. Recreational waters – A potential transmission route for SARS-CoV-2 to humans? Science of the Total Environment 740, 140122.

Chen Y., Chen L., Deng Q., Zhang G., Wu K., Ni L., Yang Y., Liu B., Wang W., Wei C., Yang J., Ye G., & Cheng Z. 2020. The presence of SARS-CoV-2 RNA in the feces of COVID-19 patients. Journal of Medical Virology *92*(7), 833–840.

Duan S. M., Zhao X. S., Wen R. F., Huang J. J., Pi G. H., Zhang S. X., Han J., Bi S. L., Ruan L., & Dong X. P. 2003. Stability of SARS Coronavirus in Human Specimens and Environment and Its Sensitivity to Heating and UV Irradiation. Biomedical and Environmental Sciences 16(3), 246–255.

Gundy P. M., Gerba C. P., & Pepper I. L. 2009. Survival of Coronaviruses in Water and Wastewater. Food and Environmental Virology 1(1), 10–14.

Hart O. E., & Halden R. U. 2020. Computational analysis of SARS-CoV-2/COVID-19 surveillance by wastewater-based epidemiology locally and globally: Feasibility, economy, opportunities and challenges. Science of the Total Environment, 730, 138875.

Kang M., Wei J., Yuan J., Guo J., Zhang Y., Hang J., Qu Y., Qian H., Zhuang Y., Chen X., Peng X., Shi T., Wang J., Wu J., Song T., He J., Li Y., & Zhong N. 2020. Probable Evidence of Fecal Aerosol Transmission of

SARS-CoV-2 in a High-Rise Building. Annals of Internal Medicine.
Kitajima M., Ahmed W., Bibby K., Carducci A., Gerba C.P., Hamilton K.A., Haramoto E., & Rose J.B. 2020. SARS-CoV-2 in wastewater: State of the knowledge and research needs. In Science of the Total Environment 739, 139076).
Mao K., Zhang K., Du W., Ali W., Feng X., & Zhang H. 2020. The potential of wastewater-based epidemiology as surveillance and early warning of infectious disease outbreaks. In Current Opinion in Environmental Science and Health 17, 1–7.
Medema G., Heijnen L., Elsinga G., Italiaander R., & Brouwer A. 2020. Presence of SARS-Coronavirus-2 in sewage. MedRxiv.
Mohapatra S., Menon N.G., Mohapatra G., Pisharody L., Pattnaik A., Menon N. G., Bhukya P. L., Srivastava M., Singh M., Barman M. K., Gin K.Y.H., & Mukherji S. 2020a. The novel SARS-CoV-2 pandemic: Possible environmental transmission, detection, persistence and fate during wastewater and water treatment. Science of the Total Environment.
Mohapatra S., Menon N.G., Mohapatra G., Pisharody L., Pattnaik A., Menon N.G., Bhukya P.L., Srivastava M., Singh M., Barman M.K., Gin K.Y.H., & Mukherji S. 2020b. The novel SARS-CoV-2 pandemic: Possible environmental transmission, detection, persistence and fate during wastewater and water treatment. Science of the Total Environment 142746.
Perlman S. 2020. Another Decade, Another Coronavirus. New England Journal of Medicine 382(8), 760–762.
Randazzo W., Truchado P., Cuevas-Ferrando E., Simón P., Allende A., & Sánchez G. 2020. SARS-CoV-2 RNA in wastewater anticipated COVID-19 occurrence in a low prevalence area. Water Research 115942.
Rimoldi S.G., Stefani F., Gigantiello A., Polesello S., Comandatore F., Mileto D., Maresca M., Longobardi C., Mancon A., Romeri F., Pagani C., Cappelli F., Roscioli C., Moja L., Gismondo M. R., & Salerno F. 2020. Presence and infectivity of SARS-CoV-2 virus in wastewaters and rivers. Science of the Total Environment 744, 140911.
Wang W., Xu Y., Gao R., Lu R., Han K., Wu G., & Tan W. 2020. Detection of SARS-CoV-2 in Different Types of Clinical Specimens. In JAMA - Journal of the American Medical Association 323(18), 1843–1844.
Wu Y., Guo C., Tang L., Hong Z., Zhou J., Dong X., Yin H., Xiao Q., Tang Y., Qu X., Kuang L., Fang X., Mishra N., Lu J., Shan H., Jiang G., & Huang X. 2020. Prolonged presence of SARS-CoV-2 viral RNA in faecal samples. In The Lancet Gastroenterology and Hepatology 5(5), 434–435.
Wurtzer, S., Marechal, V., Mouchel, J. M., Maday, Y., Teyssou, R., Richard, E., & Moulin, L. 2020. Evaluation of lockdown impact on SARS-CoV-2 dynamics through viral genome quantification in Paris wastewaters. medRxiv.
Xing Y.H., Ni W., Wu Q., Li W. J., Li G. J., Wang W. Di, Tong J. N., Song X. F., Wing-Kin Wong, G., & Xing Q. S. 2020. Prolonged viral shedding in feces of pediatric patients with coronavirus disease 2019. In Journal of Microbiology, Immunology and Infection 53(3), 473–480.
Ye Y., Ellenberg R.M., Graham K.E., & Wigginton K.R. 2016. Survivability, Partitioning, and Recovery of Enveloped Viruses in Untreated Municipal Wastewater. Environmental Science and Technology 50(10), 5077–5085.
Zhang T., Cui, X., Zhao X., Wang J., Zheng J., Zheng G., Guo W., Cai C., He S., & Xu Y. 2020. Detectable SARS-CoV-2 viral RNA in feces of three children during recovery period of COVID-19 pneumonia. Journal of Medical Virology 92(7), 909–914.
Zhao Z., Zhang F., Xu M., Huang K., Zhong W., Cai W., Yin Z., Huang S., Deng Z., Wei M., Xiong J., & Hawkey P.M. 2003. Description and clinical treatment of an early outbreak of severe acute respiratory syndrome (SARS) in Guangzhou, PR China. Journal of Medical Microbiology 52(8), 715–720.
Zhu N., Zhang D., Wang W., Li X., Yang B., Song J., Zha X., Huang B., Shi W., Lu R., Niu P., Zhan F., Ma X., Wang D., Xu W., Wu G., Gao G. F., & Tan W. 2020. A Novel Coronavirus from Patients with Pneumonia in China, 2019. New England Journal of Medicine 382(8), 727–733.

OLUKLU MUKAVVANIN MUKAVEMET STANDARTLARINI BELİRLEMEK İÇİN MATEMATİKSEL YÖNTEM

Ferit Erdem
Ankutsan A.Ş / Ar-Ge Merkezi / Antalya Organize Sanayi Bölgesi, 2. Kısım, 22. Cd., Döşemealtı/ANTALYA
ferit.erdem@ankutsan.com

Begüm Uygur
Ankutsan A.Ş / Ar-Ge Merkezi / Antalya Organize Sanayi Bölgesi, 2. Kısım, 22. Cd., Döşemealtı/ANTALYA
begüm.uygur@ankutsan.com

Duygu Akpınar
Ankutsan A.Ş / Ar-Ge Merkezi / Antalya Organize Sanayi Bölgesi, 2. Kısım, 22. Cd., Döşemealtı/ANTALYA
duygu.akpınar@ankutsan.com

Sedat Ondaral
Karadeniz Teknik Üniversitesi / Orman Fakültesi / Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü / Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Ana Bilim Dalı
ondaral@ktu.edu.tr

Özet
Oluklu mukavvanın mekanik direnci, kullanılan ambalaj malzemesinin mukavemetine; yani, oluklu mukavvanın yapıldığı kâğıt bileşenlerine bağlıdır. Oluklu mukavvanın mekanik tutarlılığı ve içindeki ürünün korunması, basınç dayanımını gerektirir. Oluklu mukavvanın basınç dayanımı Kenar Ezilme Testi (ECT) yöntemi ile ölçülür. Oluklu mukavvanın ECT değeri, kutu istifleme mukavemeti ile ilişkili olduğu için birincil kalite kontrol parametresi olarak kullanılır. Bir kutunun ezilme mukavemeti (BCT), kenar ezilme direnci (ECT) ile bağlantılı bir özelliktir. Bu çalışmada literatürde belirtilen Maltenfort denklemi uygulanmıştır. Halkasal ezilme testi (RCT) kullanılarak hesaplanan ECT değeri ile ölçülen ECT değerleri arasındaki ilişki hem %50 hem de %90 bağıl nemde incelenmiştir. Bu kâğıtlar ile üretilen oluklu mukavvaların teorik kenar ezilme testi ve ölçülen kenar ezilme testleri arasında ki karşılaştırma sonuçlarından yararlanarak, doğrusal regrasyon katsayısı ve regrasyon sabiti belirlenmiştir. Böylece sonuçları tahmin edebilmek için matematiksel modelleme sağlanmıştır. BCT hesaplamasında ise literatürde belirtilen Mckee formülünden yararlanılmıştır. ECT değerleri kullanılarak hesaplanan BCT değerleri, ölçülen BCT değerleri ile karşılaştırılmış, bu karşılaştırmalarda excel programındaki veri modunda bulunan çözücü modülünden yararlanılmıştır. Delta BCT toplamının en küçük değerini aldığı noktada, formül katsayısı ve üstel değerler belirlenerek formülasyon oluşturulmuştur. Bu formülasyonlar sayesinde istenen mukavemet değerlerinde kutu üretilmeden tasarlanabileceği gibi, bu özellikleri karşılayamayan gereksiz kâğıt stoğu da engellenecektir.

Anahtar Kelimeler: Oluklu Mukavva, Kenar Ezilme Testi, Halkasal Ezilme Testi, Kutu Ezilme Testi, Maltenfort denklemi, McKee formülü.

MATHEMATICAL METHOD FOR ESTABLISHING STRENGHT STANDARDS OF CORRUGATED BOARD

Abstract
The mechanical strength of corrugated box depends on the paper components which corrugated box is made. Mechanical stability of corrugated box and protection of the product inside requires adequate compression strength. Compression strength of corrugated box is measured by Edge Crush Test(ECT). Stacking strength of boxes is determined by ECT value of corrugated box because of the relation between compression strength(BCT) and ECT. These are primary quality control parameters of Box Strength. In this study, Maltenfort Equation stated in the literature was used to calculate ECT. The

relationship between ECT value calculated by Ring Crush Test(RCT) and measured ECT values was examined at %50 and %90 relative humidity. The linear regression coefficient and regression constant were determined through comparison results between theoretical ECT and measured ECT of corrugated box produced by these papers. Thus, mathematical modelling was provided to estimate results. Mckee formulation stated in literature was used for calculation of BCT. BCT values had calculated through using ECT values had been compared to measured BCT values. In these comparisons, the solver module had been used in Data Mode in Excel. At the point where the Delta BCT sum receives the smallest value, the formula coefficient and exponential values had been determined and the formulation had been formed. Usage of these formulations could ensure that designing boxes with desired strength besides prevention of unnecessary paper stock which is not meet spesifications.

Keywords: Edge Crush Test, Box Compression Test, Corrugated Board, Ring Crush Test, Maltenfort, Mckee.

1. GİRİŞ

Oluklu mukavva üretim prosesinde kullanılan başta hammadde olmak üzere bileşenlerin mekanik özellikleri (astar, oluklu ara katman ve yapışkan), üretim kalitesi, makine hassasiyeti ve ondülasyon sürecine dahil olan insan faktörleri olmak üzere oluklu mukavva ve oluklu mukavva kutunun genel mukavemetini ve performansını etkileyen birçok faktör vardır [9]. Oluklu mukavva üretiminde yüzey tabakasında kraft ve test kâğıtları, oluklu tabakasında ise nötral sülfit ve geri dönüşümden elde edilen kâğıtlar kullanılmaktadır. Ürünler farklı coğrafi konumlara taşındıkça çevresel koşullar değişir ve bu da kutu ezilme mukavemetinde (BCT) bir değişikliğe neden olur. Oluklu mukavva kalite özelliklerinin yönlendirilmesi, mekanik özelliklerin dağılımını değiştirmenize izin verir. Oluklu mukavvanın zayıf noktası, neme karşı düşük direncidir. Bu nedenle, mukavvanın ıslak mukavemeti iyi bir şekilde ayarlanmalı ve nem değişikliklerinin neden olduğu mekanik özelliklerdeki değişiklikler ön görülmelidir [1],[5],[6],[10]. Güç azaldığında, istifte alttaki kutunun çökmesi olası ürün hasarına neden olabilir. Oluklu bir kutunun, RH %50'den %90'a yükseldiğinde sıkıştırma mukavemetinin %50-60'ını veya daha fazlasını kaybettiği iyi bilinmektedir [11]. Astar levhasının ve / veya oluklu ortamın basınç dayanımı, çeşitli standartlaştırılmış yollarla ölçülebilir: Halka Ezilme Testi (RCT), Kısa Mesafe Sıkıştırma Testi (SCT) ve Oluklu Ezilme Testi (CCT). En yaygın yöntemler RCT ve SCT'dir. Her iki ölçümün de aynı özelliği ölçmesi beklenir, ancak sonuçlar aynı malzeme numunesi için bile % 30 ve daha fazla oranda değişebilmektedir [10].Yöntemlerin prensipleri farklıdır; bu nedenle sonuçlar farklılık gösterir, çünkü çoğu durumda burkulma önlenemez. Teknik olarak hangi yöntemin daha doğru olduğu hala belirtilmemiştir. Kısa Açıklık Sıkıştırma Testi (SCT) yönteminin daha doğru olduğu varsayılmaktadır. Bununla birlikte, Halka Ezilme Testi (RCT) yöntemi, test numunesinin burkulma yükünden etkilendiği tespit edilmesine rağmen hala yaygın olarak kullanılmaktadır [2].

Bu çalışmada, teorik ECT hesaplaması için literatürde belirtilen Maltenfort denklemi, BCT hesaplaması için ise Mckee formülü uygulanmıştır. Belirli ortam koşullarında şartlandırılan kâğıtlara, sektörde yaygın olarak kullanılan RCT uygulanarak, sonuçları kaydedilmiştir. Bu kâğıtlar ile üretilen oluklu mukavvaların teorik ECT'si ve ölçülen ECT'si arasında ki karşılaştırma sonuçlarından yararlanarak, doğrusal regrasyon katsayısı ve regrasyon sabiti belirlenmiştir. ECT ölçümleri yapılan oluklu mukavvalar 30*40*14 ebadında (en*boy*yükseklik) A-Box kutu formuna çevrilmiş BCT testi uygulanmıştır. Literatürde belirtilen Mckee formülüne göre toplam ΔBCT değeri hesaplanmış ve bu değerin en küçük olduğu noktada formül sabitleri belirlenmiştir. Böylece sonuçları tahmin edebilmek için matematiksel modelleme sağlanmıştır.

MATERYAL VE METOD

2.1. Materyal

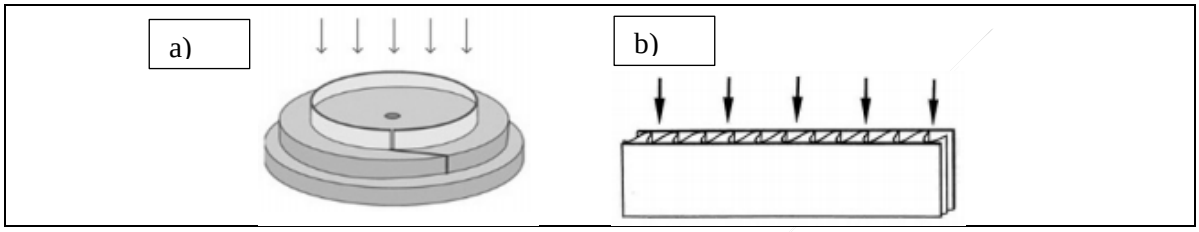
Kraft (KR), İmistasyon Kraft (KM), Test Liner (TL), Beyaz Test Liner (BTL), Beyaz Krome Karton (BKR), Fluting (FL), High Power Fluting (HPFL) ve NSSC (NC) kâğıtlarının farklı gramajları (80-270 gr/m²) ve bu kâğıtların kullanımıyla üretilen BC dalga mukavvalar test edilmek üzere depolanmıştır.
Oluklu mukavva ECT test numunelerinin 23°C'de %90 RH nemlendirme ortamı için, 210 mm çapında desikatör kullanılmıştır. Ortam koşullarının sıcaklık ve nem ölçen termometre (HTC-1) ile kontrolü

sağlanmıştır. 30*40*14 ebadındaki kutuların nemlendirme ortamının sağlanması için hava çıkışı izole edilerek sızdırmazlık sağlanmış nemlendirme kabini kullanılmıştır.

Kabin içerisinde hava sirkülasyonunun yeterli olmayışının, doymuş tuz çözeltisinin sağladığı nemlendirme ortamının homojen olmamasına da neden olabileceği düşünülerek, nemlendirme başlamadan ortam kontrolü sağlanmıştır. Doymuş tuz / su çözeltileri, sızdırmaz kapların içinde belirli nispi nem değerini korumak için kullanılabilir. Bu çalışmada nemli ortamın sağlanması için potasyum sülfat (Tekkim, Saflık: >= 98 %) kullanılmıştır.

2.2. Metod

Halkasal ezilme testi ölçümü ISO 12192:2002'e ve TAPPI T-822'ye göre belirlenmiştir. Basma test cihazında (Devotrans GPS 5 kN DLC) yük verilerek ölçülmüştür. Kenar ezilme direnci ölçümü TS 6010, ISO 3037, TAPPI T-811 standart yöntemine uygun olarak basma test cihazında (Devotrans GPS 5 kN DLC) yük verilerek yapılmıştır.



Şekil 1. a) RCT(halkasal ezilme testi) ve b) ECT(kenar ezilme testi) [10]

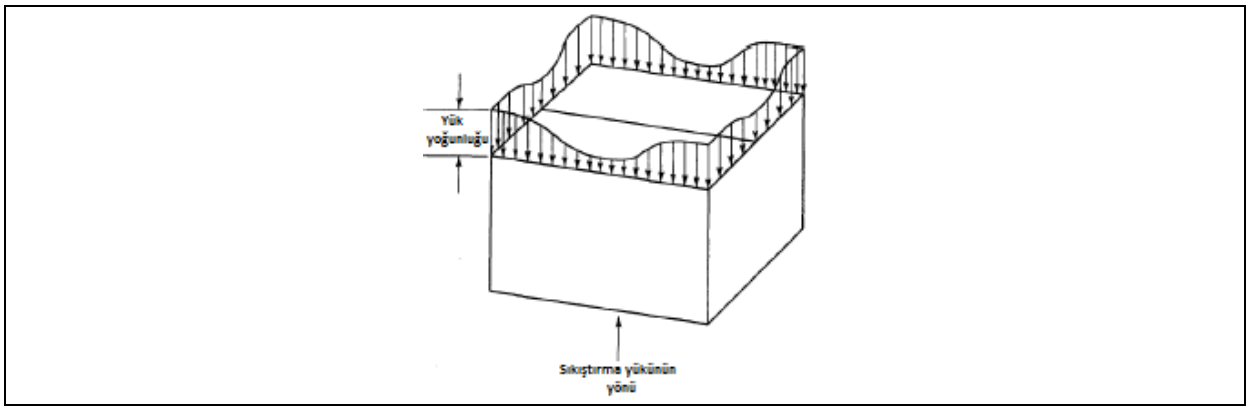
Üretilmekte olan oluklu mukavva dalga cinsine bağlı olarak 3 liner 2 ondüleden oluşan levha örnekleri alınmıştır. Alınan levha örnekleri ISO 187:1990 yöntemine uygun olarak, laboratuvar koşullarında (23 °C'de %50 RH) depolanmıştır. ISO 536:1995 ve ISO 534:1988 'e göre kağıt numunelerinin ağırlığı ve kalınlığı belirlenmiş, 24 saat 23°C'de %50 RH standart laboratuvar koşullarında bekletilen kağıtlara ISO 12192:2002'e göre halkasal ezilme testi (RCT) uygulanmıştır. Oluklu mukavva numune setleri de, aynı çevresel koşullar ve ayrıca desikatör ortamında 23°C'de %90 RH maruz kaldıktan sonra ISO 3037:2013' e göre ECT değerleri için test edilmiştir.

ECT, esas olarak Maltenfort denklemi (1) [3], olarak bilinen matematiksel modelin öngördüğü gibi bileşenlerin mukavemet özelliklerine bağlıdır. RCT veya SCT yöntemiyle ölçülen bileşenlerin ezilme mukavemetini kullanarak tahmin edilebilir. ECT hesaplamak için, literatürde sunulan yaygın olarak bilinen ilişkiler [2;3;17;10] kullanılmıştır.

Denklem:

$$ECT = k(RCT_{L1} + RCT_{L2} + \alpha * RCT_{O1} \ldots) \quad (1)$$

RCT astar levhasının ve oluklu ortamın çapraz makine yönündeki (CD) halkasal ezilme dayanımı, α, yiv ortamı uzunluğunun astar uzunluğuna oranı (ondüle katsayısı veya take-up faktörü). BCT metodu, sabit basınç altında (10 - 13 mm/dk) iki paralel tabaka arasına sıkıştırılmış oluklu mukavva kutulara yük uygulanarak yapılır. Uygulanan kuvvet, kutu ezilene kadar kaydedilir. Uygulanan maksimum kuvvet, oluklu mukavva kutunun ezilme direncidir



Şekil 2. BCT (Kutu ezilme testi) Bir kutunun çevresi boyunca sıkıştırma yükünün dağılımı [4]

BCT metodu, farklı oluklu mukavva kutuların yük taşıma kapasitesini karşılaştırmak için iyi bir metottur ancak kutular aynı boyutta olmalıdır. BCT değeri, test cihazıyla bulunabildiği gibi ayrıca denklem (2) deki gibi de bulunabilir [8].

$$\mathbf{BCT} = \mathbf{k} * \mathbf{ECT}^{b} * (\mathbf{ECT} * \mathbf{h}^{2})^{(1-b)} * \mathbf{Z}^{(2b-1)} \quad (2)$$

h = Kutunun Kalınlığı (m) k=Katsayı

Z = Kutu Çevresi 4*(Uzunluk + Genişlik + Yükseklik) b= Değişken Üstüdür

Toplanan oluklu mukavva levhalar A-Box formunda ebat 30*40*14 (En*Boy*Yükseklik) olarak boyutlandırılarak laboratuvar koşullarında (23 °C'de %50 RH) ve nemlendirme kabininde (23 °C'de %90 RH) şartlandırılmıştır. ECT test verileri alınan oluklu mukavvaların, kalınlık değerleri kaydedilerek BCT testi uygulanmıştır.

ECT ve kalınlık değerleri bilinen kutuların BCT değerleri (2) de yerine konularak düzeltme faktörü olan k ve değişken üstü b tahmin edilebilir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

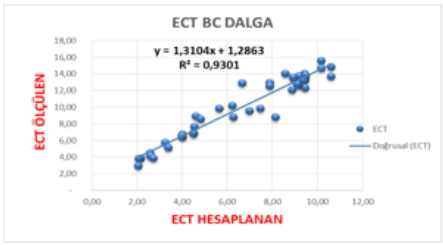
Formüle regresyon katsayısı ve sabiti eklenmeden yapılan analizde, RCT test sonuçlarından yararlanarak hesaplanan ECT verileri, ölçülen ECT test verileri ile karşılaştırılmış ve ECT hesaplanan ile ölçülen değerler arasında yaklaşık %35'lik fark oluştuğu gözlenmiştir.

Tablo 1. 23 °C'de %50 RH şartlandırılan numuneler için regresyon analizi tablosu ve grafiği (%95 anlamlılık seviyesinde)

Regresyon Analizi

Regresyon İstatistikleri

Çoklu R	0,964398
R Kare	**0,930064**
Ayarlı R Kare	0,928359
Standart Hata	1,015832
Gözlem	43



ANOVA

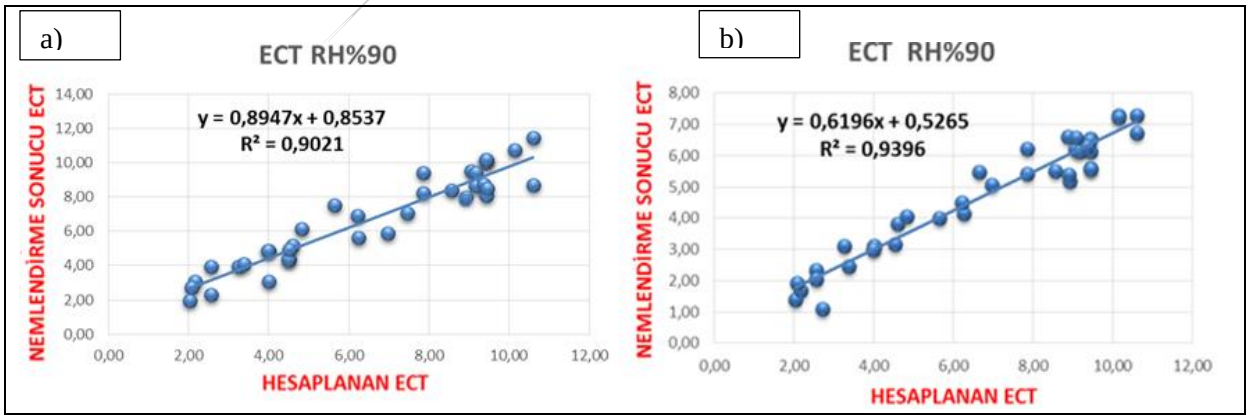
	Serbestlik Derecesi	*Kareler Toplamı*	*Kareler Ortalaması*	*F*	*Anlamlılık F*
Regresyon	1	562,655819	562,655819	545,2541848	2,65579E-25
Fark	41	42,30850348	1,031914719		
Toplam	42	604,9643225			

	Katsayılar	*Standart Hata*	*t Stat*	*P-değeri*	*Düşük %95*	*Yüksek %95*
Kesişim	**1,286335**	0,407015774	3,16040668	0,002959086	0,464350339	2,108320401
X Değişkeni	**1,310393**	0,056118001	23,35067847	2,65579E-25	1,197060799	1,423726005

Tablo 4. de standart oda koşullarında şartlandırılarak test edilen BC dalga dopel ürünlerin hesaplanan ECT ile ölçülen ECT değerleri üzerinden yapılan regresyon analizi bulunmaktadır. Tabloda okunan R^2 doğruluk yüzdesini, kesişim katsayısı çizilen doğrunun y ekseninde kestiği noktayı, x değişkeni katsayısı ise regresyon katsayısını tanımlamaktadır.

Model 1 ;
ECT = X değişkeni katsayısı *[(RCT_{L1})+(RCT_{O1}*$\alpha_{b\ dalga}$)+(RCT_{L2})+(RCT_{O2}*$\alpha_{c\ dalga}$)+(RCT_{L3})]+ Kesişim katsayısı
Burada kullanılan ondüle katsayıları aşağıdaki gibidir ; $\alpha_{b\ dalga}$: 1,304 $\alpha_{c\ dalga}$: 1,453

Formül 1. 23 °C'de %50 RH şartlandırılan numuneler için oluşturulan formül
ECT = 1,3104*[(RCT_{L1}) + (RCT_{O1}*$t_{b\ dalga}$) + (RCT_{L2}) + (RCT_{O2}*$t_{c\ dalga}$) + (RCT_{L3})] + 1,2863



Şekil 3. a) Yüksek nem koşullarında (23 °C'de %90 RH) 72 saat şartlandırılan numunelere yapılan test sonuçları ve incelemesi ve b) 120 saat şartlandırılan numunelere yapılan test sonuçları ve incelemesi

Formül 2. 23 °C'de %90 RH 72 saat şartlandırılan numuneler için oluşturulan formül
ECT = 0,8947*[(RCT_{L1})+(RCT_{O1}*$t_{b\ dalga}$)+(RCT_{L2})+(RCT_{O2}*$t_{c\ dalga}$)+(RCT_{L3})]+0,9021

Formül 3. 23 °C'de %90 RH 120 saat şartlandırılan numuneler için oluşturulan formül
$ECT = 0{,}6196*[(RCT_{L1}) + (RCT_{O1}*t_{b\ dalga}) + (RCT_{L2}) + (RCT_{O2}*t_{c\ dalga}) + (RCT_{L3})] + 0{,}5265$

Karşılaştırma, denklem(1) ile hesaplanan teorik ECT değerleri ve ölçülen ECT arasında yapıldığında, standart koşullarda (23 °C'de %50 RH) şartlandırılan numuneler için kesişim noktalarından geçen en yakın doğrunun eğimi regresyon katsayısı, bu doğrunun y eksenini kestiği noktada regresyon sabitini vermektedir. Böylece regrasyon denklemi Y=Ax+Z denklem şeklini alır. Burada regrasyon katsayısı olan A=1,3104 iken regrasyon sabiti Z=1,2863'dür. Belirlenen regrasyon denkliğinin doğruluk oranı yüksektir (R^2=0,93). Yüksek nem koşullarında 72 saat şartlandırılan numuneler için ise (23 °C'de %90 RH) regrasyon katsayısı ve sabiti A=0,8947, Z=0,8537'dir. Yüksek nem koşullarında 120 saat şartlandırılan numuneler için ise durum A=0,6196, Z=0,5265 şeklindedir. Yüksek nem de 72 saat şartlandırılan oluklu mukavvalarda ortalama %30, 120 saat şartlandırılan oluklu mukavvalarda ise ortalama %52'lik mukavemet kaybı gözlenmiştir.

Tablo 2. 23°C'de %50 RH BCT formül çalışması çözücü modül analizi b=3/4 ; k=5,87 ve b) 23°C'de %50 RH BCT formül çalışması ΔBCT toplamının en küçük değerini aldığı noktada, formül katsayısı ve üstel değerler belirlenerek b=0,66 ; k=6,3

a)

Kutu	BCT	ECT	Kalınlık	Çevre	Mckee (kgf)	Δ BCT	B	1-B	2*B-1	K
1	219	8	0,006	3,36	680,101	461	0,750	0,250	0,500	5,87
2	349	13,8	0,006	3,36	1192,567	844				
3	420	13,05	0,006	3,36	1090,768	671				
4	540	18,49	0,006	3,36	1558,730	1019				
5	641	20,44	0,006	3,36	1766,382	1125				
6	388	13,22	0,006	3,36	1133,194	745				
7	621	19,28	0,006	3,36	1645,859	1025				
8	530	17,35	0,006	3,36	1474,969	945				
9	284	10,27	0,006	3,36	873,080	589				
10	514	17,18	0,006	3,36	1442,145	928				
11	579	19,59	0,006	3,36	1640,227	1061				
12	514	17,8	0,006	3,36	1508,173	994				
13	523	16,67	0,006	3,36	1434,766	912				
14	551	17,08	0,006	3,36	1477,208	926				
15	549	16,71	0,006	3,36	1420,561	872				
16	485	16,46	0,006	3,36	1396,974	912				
17	466	16,28	0,006	3,36	1368,930	903				
18	582	17,23	0,006	3,36	1476,924	895				
19	252	8,08	0,006	3,36	694,870	443				
20	535	16,09	0,006	3,36	1401,633	867				
21	518	17,86	0,006	3,36	1544,668	1027				
22	386	10,82	0,006	3,36	936,549	551				
23	600	18,9	0,006	3,36	1633,298	1033				
24	529	17,52	0,006	3,36	1514,042	985				
25	260	8,89	0,006	3,36	768,255	508				
					TOPLAM	21240				

Çözücü Parametreleri

Hedef Ayarla: SGS27

Hedef: En Büyük / En Küçük / Değeri: 0

Değişken Hücreleri Değiştirerek: $I$2:$L$2

Kısıtlamalara Bağlıdır:

Ekle / Değiştir / Sil / Tümünü Sıfırla / Yükle/Kaydet

Kısıtlanmamış Değişkenleri Pozitif Yap

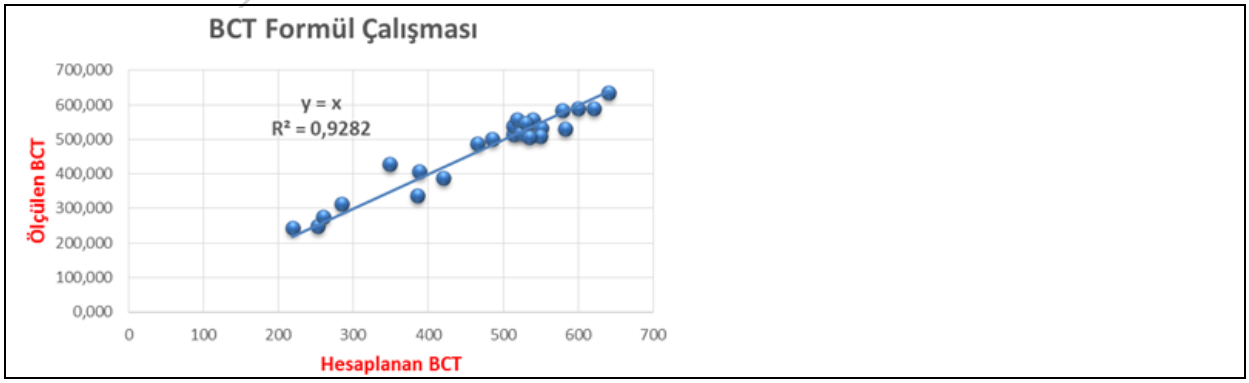
Çözme Yöntemi Seçin: Doğrusal Olmayan GRG — Seçenekler

Çözüm Yöntemi

Düzgün doğrusal olmayan Çözücü Problemleri için GRG Doğrusal Olmayan altyapısını seçin. Doğrusal Çözücü Problemleri için Basit LP altyapısını seçin ve düzgün olmayan Çözücü

b)

Kutu	BCT	ECT	Kalınlık	Çevre	Mckee (kgf)	Δ BCT	B	1-B	2*B-1	K
1	219	8	0,006	3,36	243,386	24	0,66	0,330	0,339	6,3
2	349	13,8	0,006	3,36	429,038	80				
3	420	13,05	0,006	3,36	388,229	32				
4	540	18,49	0,006	3,36	556,314	16				
5	641	20,44	0,006	3,36	635,473	6				
6	388	13,22	0,006	3,36	406,613	19				
7	621	19,28	0,006	3,36	589,787	31				
8	530	17,35	0,006	3,36	527,844	2				
9	284	10,27	0,006	3,36	312,447	28				
10	514	17,18	0,006	3,36	514,001	0				
11	579	19,59	0,006	3,36	584,117	5				
12	514	17,8	0,006	3,36	539,147	25				
13	523	16,67	0,006	3,36	515,499	8				
14	551	17,08	0,006	3,36	531,577	19				
15	549	16,71	0,006	3,36	508,373	41				
16	485	16,46	0,006	3,36	499,664	15				
17	466	16,28	0,006	3,36	488,174	22				
18	582	17,23	0,006	3,36	529,950	52				
19	252	8,08	0,006	3,36	249,596	2				
20	535	16,09	0,006	3,36	505,550	29				
21	518	17,86	0,006	3,36	555,853	38				
22	386	10,82	0,006	3,36	337,107	49				
23	600	18,9	0,006	3,36	587,595	12				
24	529	17,52	0,006	3,36	544,691	16				
25	260	8,89	0,006	3,36	276,387	16				
					TOPLAM	588				



Şekil 4. BCT Formül Çalışması

Gerçek BCT değerlerine karşı Mckee formülü(2) ele alınarak teorik BCT sonuçları ve bunların farkı Delta BCT olarak hesaplanmıştır. Mckee formülüne göre BCT hesaplanırken literatürde verilen k=5,87

, b=3/4 değerleri kullanılmıştır. Daha sonra Excel de bulunan veri modundaki çözücü modülüden yararlanılarak, Delta BCT'nin en küçük değerini alması için formülde yer alan k düzeltme faktörü ve b değişken üstünün optimum değere ulaşması sağlanmıştır.
Yapılan çözümleme sonrasında formül aşağıdaki şekli almıştır.

$BCT = 6{,}3*(ECT)^{(0{,}663)}(ECT*h^2)^{(1-0{,}663)}*Z^{(2*0{,}663-1)}$
$BCT = 6{,}3 * (ECT) * h^{(0{,}674)} * Z^{(0{,}33)}$

4. SONUÇLAR

Oluklu mukavvayı oluşturan liner ve ondüle kağıtlarının halkasal ezilme dayanımlarını kullanarak birleştiren, minimum maliyetle optimum mekanik özelliklere sahip oluklu ambalaj için güvenilir doğrulukta ECT ve BCT bilgisi veren analitik bir model tasarlanmıştır. RCT yönteminde kâğıtta meydana gelen burkulmanın analiz sonuçlarına yansıdığı ve hesaplanan ECT ile ölçülen ECT karşılaştırılmasında %35'lik düşüklüğe neden olduğu düşünülmektedir. Yapılan çalışmada, formüller de düzeltme faktörü olarak kullanılan regrasyon katsayısı ve regrasyon sabiti belirlenerek, R^2(doğruluk faktörü) yüksek oranda sağlanmıştır. Doğruluk faktörünün yüksek oluşu ECT ölçülen ile ECT hesaplanan değerlerinin birbirini karşılama oranının yüksek oluşu anlamına gelmektedir. Toplanan oluklu mukavva levhalar A-Box formunda 30*40*14 olarak boyutlandırılarak laboratuvar koşullarında (23 °C'de %50 RH) ve nemlendirme kabininde (23 °C'de %90 RH) şartlandırıldıktan sonra BCT testine tabi tutulmuş ve teorik BCT formülünde hesaplanan değerler ile karşılaştırılmıştır. 3 gün süreyle (72 saat) nemlendirme kabininde şartlandırılan numuneler BCT testi uygulanarak karşılaştırıldığında, en yüksek fark %30 en düşük fark ise %1 oranında gözlenmiştir. Oluklu mukavva kutularda kullanılan kâğıtların özelliklerine bağlı olarak nem tutma kapasiteleri de farklılık göstermiştir. Bu sebeple çok farklı BCT mukavemet düşüş oranları hesaplanmıştır. Ortalama olarak %10'luk mukavemet kaybı gözlenmiştir. 30*40*14 ebadında A-Box formundaki kutular özelinde tasarlanan BCT formülü farklı ebatlarda, farklı dalga cinslerinde ve farklı ortam koşullarında incelenerek, formülün genişletilmesi ve uygulamaya alınması planlanmıştır.

KAYNAKLAR

1. Archaviboonyobul, T., Jinkarn, T., Sane, S., Chariyachotilert, S., Kongcharoenkiat, S., 2013: Water resistance and barrier properties improvement of paperboard by poly(lactic acid) electrospraying. Packaging technology and Science 27(5): 341-352.
2. Dimitrov K, Heydenrych M. 2009. Relationship between the edgewise compression strength of corrugated board and the compression strength of liner and fluting medium papers, Southern Forests: a Journal of Forest Science, 2009, 71(3): 227–233, ISSN 2070–2620
3. Markstrom, H. (1999) Testing Methods and Instruments for Corrugated Boards, 5th Ed., Lorentzen & Wettre, Ostervala.
4. McKee, R. C., Gander, J. W. and Wachuta, J. R. (1961) "Edgewise compression strength of corrugated board", Paperboard Packaging, 46(11), 70 – 76.
5. Niskanen K., 2008. Papermaking Science and Tech-nology, Paper Physics, Finland: Finnish Paper Engi-neers' Association/Paperi ja Puu Oy
6. Olejnik, K., Wysocka-Robak, A., 2005: Influence of air humidity on strength properties of elected paper products. Polish Paper Review 61(2): 103.
7. Popil, R., 2012: Overview of recent studies at ipst on corrugated board edge compression strength: testing methods and effects of interflute buckling. BioResources 7(2): 2553-2581
8. Popil, R.. "The Box Compression for Copy Paper Boxes – Applying McKee ' s Formula." (2020).
9. Rahman, A.A.; Abubakr, S. A finite element investigation of the role of adhesive in the buckling failure of corrugated fiberboard. Wood Fiber Sci. 2004, 36, 260–268.
10. Šarcevıc, Iva; BANIĆ, Dubravko; MILČIĆ, Diana. Evaluation of compressive test methods for paper using a mathematical model, based on compressive test for corrugated board. Acta Graphica, [S.l.], v. 27, n. 1, p. 47-50, jan. 2017. ISSN 1848-3828
11. Whitsitt, W. J. and McKee, R. C. (1972) "Effect of relative humidity and temperature on stacking performance", A Summary Report to the Technical Division of the FKBI, Inc., Project 2695-9, November 10.

Lemon verbena OTU İLE SÜPERKRİTİK CO_2 EKSTRAKSİYON CİHAZI OPTİMİZASYONU

Saliha Özer
Harran Üniversitesi/Mühendislik Fakültesi/Gıda Mühendisliği
saliha.ozer.s@gmail.com

Eyyüp KARAOĞUL
Harran Üniversitesi /Mühendislik Fakültesi/ Gıda Mühendisliği
eyyupkaraogul@gmail.com

Özet
Son yıllarda yapılan bilimsel araştırmalarla faydalarının desteklendiği tıbbi ve aromatik bitkilere olan ilgi artmıştır. Doğal olmaları ve yan etkilerinin olmaması tıbbi ve aromatik bitkileri dünya çapında kullanımını yaygınlaştırmıştır. Bu bitkiler arasında yer alan *Lemon verbana* bitkisi ise geleneksel olarak kullanılmasının yanında tıbbi ve aromatik özellikleri sayesinde tarımı ve ticareti yapılan bitkiler sınıfındadır. Antimikrobiyal, antiinflamatuvar, antioksidant özelliklerinin yanı sıra kendine has limon kokusu sayesinde dünya çapında kullanımı mevcuttur. Tıbbi ve aromatik bitkilerin aromasının ve etken maddesinin alım yöntemleri arasında yer alan süperkritik CO_2 ekstraksiyon sistemi hem saf ürün eldesi hem de çevre dostu olması sebebi ile son yıllarda daha çok tercih edilmeye başlanmıştır. Gazların belirli sıcaklık ve basınç ile süperkritik akışkan kıvama gelmeleri, çözücü güçlerini arttırarak maddedeki materyali koparıp almaları kolaylaşır. Yapılan ekstraksiyon işleminde, gaz fazı olarak ekonomik ve çevre dostu olması sebebi ile karbondioksit kullanılmıştır. Bu çalışmada *Lemon verbana* otunun süperkritik CO_2 ekstraksiyon cihazında Dizayn-Expert programı ile belirlenen sıcaklık ve basınç değerlerinde ektraksiyonu yapılmış ve verimi hesaplanarak optimum koşullar belirlenmiştir. Gaz akış hızının sabit olarak dakikada 100 ml olduğu cihaza numune toz haline getirilerek yerleştirildi. Cihaza uygulanacak optimizasyon için Design–Expert programında önem seviyelerine göre en düşük sıcaklık değeri 40 °C, en yüksek sıcaklık değeri 70 °C olarak seçilirken en düşük basınç değeri 140 bar, en yüksek basınç değeri 200 bar olarak seçilerek toplam 10 farklı sıcaklık ve basınç değerine shaip standartaekstraksiyon işlemi uygulanmıştır. Elde edilen ekstrelerin verim hesabı yapılmıştır. Elde edilen veriler Design-Expert progrmına girilerek önem derecelerine, basınç ve sıcaklık değişkenliğinin verime etkisine ve basınçla değişen verime göre optimum basınç ve sıcaklıkta maximum verim miktarı tespit edildi. Sonuçlanan analize göre verimin en yüksek olduğu sıcaklık ve basınç değeri 40 °C de 200 bar basınç uygulanan ekstrede tespit edilirken en düşük verim 55 °C'de 200 barr basıncın uygulandığı ektrede gözlemlenmiştir.

Anahtar kelimeler: *Lemon verbena*, tıbbi ve aromatik bitkiler, süpekritik CO2 ekstraksiyonu.

SUPERCRITIC CO2 EXTRACTION OPTIMIZATION WİTH *Lemon verbena* HERB

Abstract
In recent years, the interest in medicinal and aromatic herbs, which are supported by scientific researches, has increased. Being natural and having no side effects has spread medicinal and aromatic herbs worldwide. Lemon verbana, which is among these plants, is in the class of cultivated and traded plants thanks to its medicinal and aromatic properties as well as being used traditionally. In addition to its antimicrobial, anti-inflammatory, antioxidant properties, it has a worldwide use thanks to its unique lemon scent. Supercritical CO2 extraction system, which is among the methods of intake of the aroma and active ingredient of medicinal and aromatic plants, has started to be preferred more in recent years due to the fact that it is both pure product and environmentally friendly. Gases become supercritical fluid consistency with certain temperature and pressure, it becomes easier for them to break the material in the material by increasing their solvent power. In the extraction process, carbon dioxide was used as the gas phase since it is economical and environmentally friendly. In this study, Lemon verbana grass was extracted in the supercritical CO2 extraction device at temperature and pressure values determined by the Design-Expert program and the optimum conditions were determined by calculating the yield. The sample was pulverized and placed in the device where the gas flow rate was constant 100 ml per

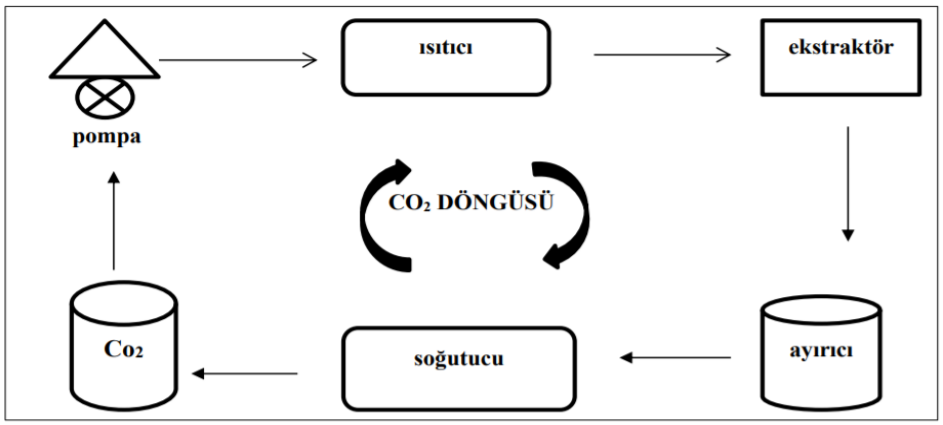
minute. For the optimization to be applied to the device, the lowest temperature value is chosen as 40 ° C and the highest temperature value as 70 ° C in the Design - Expert program, while the lowest pressure value is selected as 140 bar and the highest pressure value as 200 bar, and a total of 10 different temperature and pressure values. Shaip standard extraction process was applied. Calculation of the yield of the extracts has been made. The obtained data were entered into the Design-Expert program, and the maximum efficiency amount at optimum pressure and temperature was determined according to their importance, the effect of pressure and temperature variability on efficiency and the efficiency changing with pressure. According to the resulting analysis, the highest temperature and pressure value were determined in the extract at 40 ° C and 200 bar pressure was applied, while the lowest efficiency was observed in the extruder where 200 barr pressure was applied at 55 ° C.

Key words: *Lemon verbena*, medicinal and aromatic plant, Süpercritical CO2 extrection.

1.GİRİŞ

İnsanoğlu doğayı geçmişten beri bir kaynak olarak kullanmıştır. Çeşitli hastalıklarda bir drog olarak doğal kaynakları kullanmıştır. Doğadaki tıbbi ve aromatik bitkiler bu amaçla kullanılagelmiştir. Halk sağlığında kullanılmasının yanısıra ilaç, kozmetik, tekstil ve gıda endüstrisinde de kullanımı mevcuttur. Günümüzde ilaçların yan etkileri görüldükçe doğala olan ilgi artmış, araştırmacılar çalışmalaraını bu alana doğru yönlendirmeye başlamışlardır (Kurt ve Karaoğul, 2018). Tıbbi ve aromatik bitkilerde elde edilen uçucu yağlar ise bitkinin ikincil metabolitleridir. Aroması, tadı kokusu ve içeriğindeki, etken maddesi sayesinde gıda, ilaç, kozmetik sanayisinde çokça kullanımı mevcuttur (Alma ve ark., 2011). Limon otu (*Lemon verbana*) ise çeşitli terapötik aktivitelere sahip olan tıbbi ve aromatik bitkilerden biridir (Bahramsoltani, R., et al.2018). Verbenacea familyasına ait Limon otu bitkisinin en önemli özelliği dallarının ve yapraklarının kuvvetli limon kokulu olmasıdır. (Bektaş, 2016) Limon otu (*Lemon verbana*) yaprakları alkaloidler, flavonoidler, müsilaj, tanen ve asit fenolleri içerir. Aynı zamanda yüksek antioksidant kapasitesi, antiinflamatuar ve uykusuzluk problemine bir çözüm olabilecek özellikleri rapor edilmiştir (Afrasiabian, F. ve ark. 2019, Abderrahim Buchwald-Werner ve ark. 2018, F. ve ark. 2011). Bu bitkinin uçucu yağı da antimikrobiyal ve ateş önleyici etkilere sahiptir. Bu nedenle, hem yapraklar hem de uçucu yağı bitkinin en önemli parçalarıdır (Jalali Et Al,2019) Limon Otu (*Lemon verbana)* yapraklarının duyusal ve tıbbi özellikleri ve uçucu yağı nedeniyle dünya çapında kullanılmaktadır. Limon otunun yaprakları, salata, çay ve dondurmaya limonlu bir lezzet katmak için kullanılır (Solomu, Skoufogıannı et al. ,2017). Aynı şekilde yaprakların damıtılması ile elde edilen uçucu yağ, koku endüstrisinde, gıda aroma endüstrisinde, alkolsüz içecek endüstrisinde ve halk tıbbında kullanılır. Kurutulmuş bitki ve özleri farklı gıda ve tıbbi preparatlara dahil edilir. Antioksidan ve aromalı kokusu özelliği sayesinde kozmetikte kremlere bileşen olarak eklenir (Karik ve Azkan, 2011).

Uçucu yağı, aromayı ve etken madeleri elde etmenin farklı metodları mevcuttur. Bunlardan biri olan süperkritik CO2 ekstraksiyon son yıllarda çevre dostu olması, saf son ürün eldesi, toksik olmaması ve hızlı işlem gibi üstün özelliklerinden dolayı dikkatleri çekmektedir. Oksidasyonun gerçekleşmediği, elde edilen ürünün yüksek saflıkta olması ayrıca koku ve özellik bakımından diğer metodlara kıyasla avantajlıdır (Yaman ve Kuleşan,2016). Şekil 1'de basit bir süperkritik CO2 diyagramı gösterilmiştir. Bu yöntemin temel prensibi süperkritik çözücülerin akışkan formda kullanılmasıdır. süprekritik akışkanlar maddenin sahip olduğu kritik sıcaklık ve basınç değerinin aşılması ile elde edilen maddelerdir. Bu seviyeye getirilen madde ne sıvıdır ne de gazdır ancak sıvı gibi yüksek yoğunluk ve çözme gücüne sahip, gaz gibi düşük vizkozite yüksek difüzyon hızına sahip süperkritik akışkandır. Süperkritik akışkan çeşitli örnek matriksleri için mükemmel bir ekstraksiyon ortamı oluşturur. Sıcaklık ve basınç değiştirilerek çözme gücüyle oynanmasıyla yüksek seçicilik de sağlanır. Yaygın olarak organik çözücüler ile karşılaştırıldığında çok seçici olması ve bu seçiciliğin hem sıcaklık hem de basınç ile iyi kontrol edilebilmesi CO2 nin bu alandaki üstünlüklerindendir. Karbondioksit ayrıca toksik değildir, alev almaz ve oldukça ucuzdur. Süperkritik CO2 ekstraksiyonu endüstride kahveden kafein eldesinde, terpenleri alınmış narenciye yağı eldesinde, gıdalardan zararlı maddelerin arındırılması gibi birçok alanda kullanılmaktadır (Çolak ve Tülek, 2003). Bu çalışmada *Lemon verbena* otu ile süperkritik karbondioksit ekstraksiyonunun optimizasyonu yapılarak verimin en yüksek olduğu koşullar araştırılmıştır.



Şekil 1: Basit Süperkritik CO_2 ekstraksiyon diyagramı (kimyaevi.org)

2.MATERYAL VE METOD

2.1. Materyal

Optimizasyonda kullanılacak olan *Lemon verbana* bitkisi Şanlıurfa ilinde tarımı yapan üreticiden temin edildi. Her bir ekstraksiyon işlemi için, 29,50 gr *Lemon verbana* otu tartıldı ve öğütücü ile toz haline getirildi. Cihaza yerleştirilmek üzere numune aparatına bitki tozları konuldu. Ekstraksiyon işlemi için, Qualitec marka F-500 Süperkritik CO2 Ekstraksiyon Sistemi kullanıldı. CO2 gazı (50 L) Özkay firmasından temin edildi. Yapılan optimizasyonda uygulanacak değerler Design Expert programı ile belirlendi.

2.2.Metod

Cihaza uygulanacak optimizasyon için Design–Expert programında sıcaklık ve basınç aralıkları seçildi. Buna göre en düşük sıcaklık değeri 40 °C, en yüksek sıcaklık değeri 70 °C olarak seçilirken en düşük basınç değeri 140 bar, en yüksek basınç değeri 200 bar olarak seçildi. Tablo 1'de görüldüğü gibi toplam 10 adet optimizasyon için uygulanacak standartlar Design–Expert programında belirlendi. Belirlenen strandartlara uygulanacak sıcaklık değerleri 40 °C, 55 °C, ve 70 °C iken basınç değerleri 140 bar, 170 bar ve 200 bar olarak değişmektedir. Karbondioksit akış hızının dakikada 100 ml 'de sabit olduğu cihazda her bir üretim 18 saat sürdü. Üretim sonunda her ürünün ayrı ayrı verim ve yüzde verimi hesapland. Elde edilen veriler Design-Expert progrmına girilerek önem derecelerine, basınç ve sıcaklık değişkenliğinin verime etkisine ve basınçla değişen verime göre optimum basınç ve sıcaklıkta maximum verim miktarı tespit edildi.

Tablo 1: Design-Expert programı ile belirlenen sıcaklık ve basınç tablosu

Stdandartlar	Numara	Basınç (Bar)	Sıcaklık(Celcius)
1	1	140	40
10	2	170	55
6	3	200	55
8	4	170	70
3	5	140	70
7	6	170	40
9	7	170	55
4	8	200	70
2	9	200	40
5	10	140	55

3.Araştırma Bulguları ve Tartışma

Yapılan ekstraksiyon işleminde her standardın verimi hesaplandı ve optimum değerin belirlenmesi için Design–Expert programına kaydedildi. Tablo 2'de uygulanan 10 farklı standardın basınç ve sıcaklık

değerlerindeki verim sonuçları verilmiştir. Tablo 2'ye göre en düşük verim %1,4945 olan 40 °C'de 140 barr basınç ile uygulanan 1.standartta 0,4409 g olarak hesaplanmıştır. En yüksek verim ise%3,1240 ile 0,9216 g olan 40°C'de 200 barr basınç uygulanan numunede gözlemlenmiştir.

Tablo 2: Standartlara uygulanan basınç ve sıcaklık değerlerinden elde edilen verim ve yüzdeleri

std	numara	Basınç(barr)	Sıcaklık(°C)	Ağırlık(g)	Verim(g)	Yüzde verim(%)
1	1	140	40	29.25	0,4409	%1,4945
10	2	170	55	29.25	0,7659	%2,5962
6	3	200	55	29.25	0,3932	%1,3328
8	4	170	70	29.25	-	-
3	5	140	70	29.25	-	-
7	6	170	40	29.25	0,4753	%1,6111
9	7	170	55	29.25	0,5169	%1,7522
4	8	200	70	29.25	-	-
2	9	200	40	29.25	0,9216	%3,1240
5	10	140	55	29.25	0,5676	%1,9240

Optimum değerin berlirlenmesi için design expert programına sunulan veriler Tablo 3'de verilmiştir. Buna göre basınç ve sıcaklığın düşük seviyede olması istendiğinden önem derecesi 1 olarak seçilirken yüksek verim elde edilmek istendiğinden verimin önem derecesi 5 olarak kaydedildi. En düşük basınç değeri 140 barr iken en yüksek basınç değeri 200 barr olarak kaydedildi. En düşük sıcaklık 40 °C olurken en yüksek sıcaklık değeri 70° C olarak kaydedildi. Bu veri girişlerine göre programda muhtemel beklenen en yüksek verimin 3,15077 olduğu rapor edildi.

Tablo 3: Optimum değer için Design–Expert programına sunulan veriler

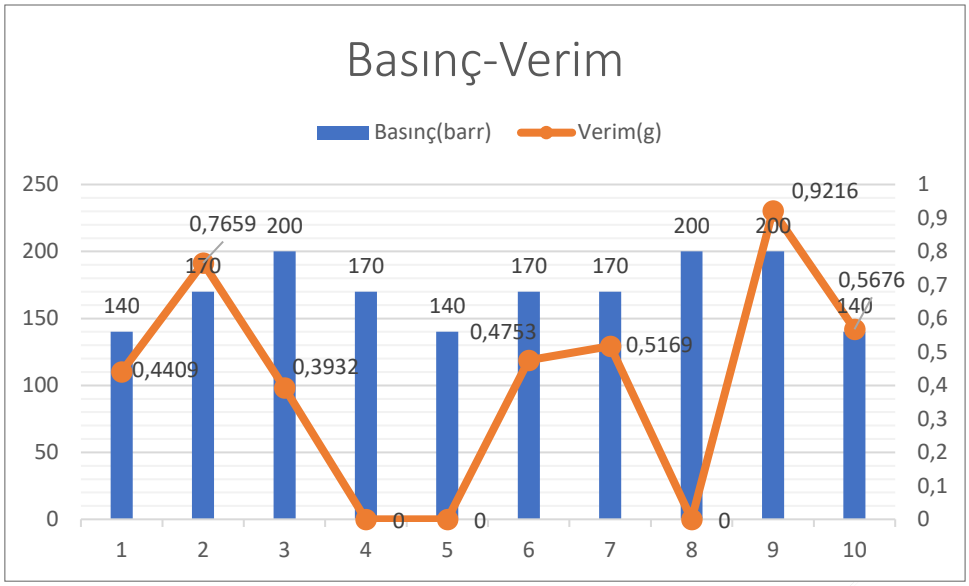
Adı	Hedef	En düşük değer	En yüksek değer	En düşük ağırlık	En yüksek ağırlık	Önem derecesi
Basınç(Barr)	Aralık içinde	140	200	1	1	1
Sıcaklık(Celcius)	minimum	40	70	1	1	1
verim (g)	maksimum	0	3,15077	1	1	5

Design–Expert programına sunulan veriler sonucunda optimum değer ve muhtemel verim, sıcaklık-basınç değerleri Tablo 4'de sunulmuştur. Sonuçlara göre kabul edilebilir optimum değer maksimum verimin olduğu 40 C° sıcak ve 200 Bar basınç ile 0,911 verime sahip 1 numara olarak gözlemlenmiştir.

Tablo 4: Optimum ve muhtemel verim, sıcaklık-basınç değerleri

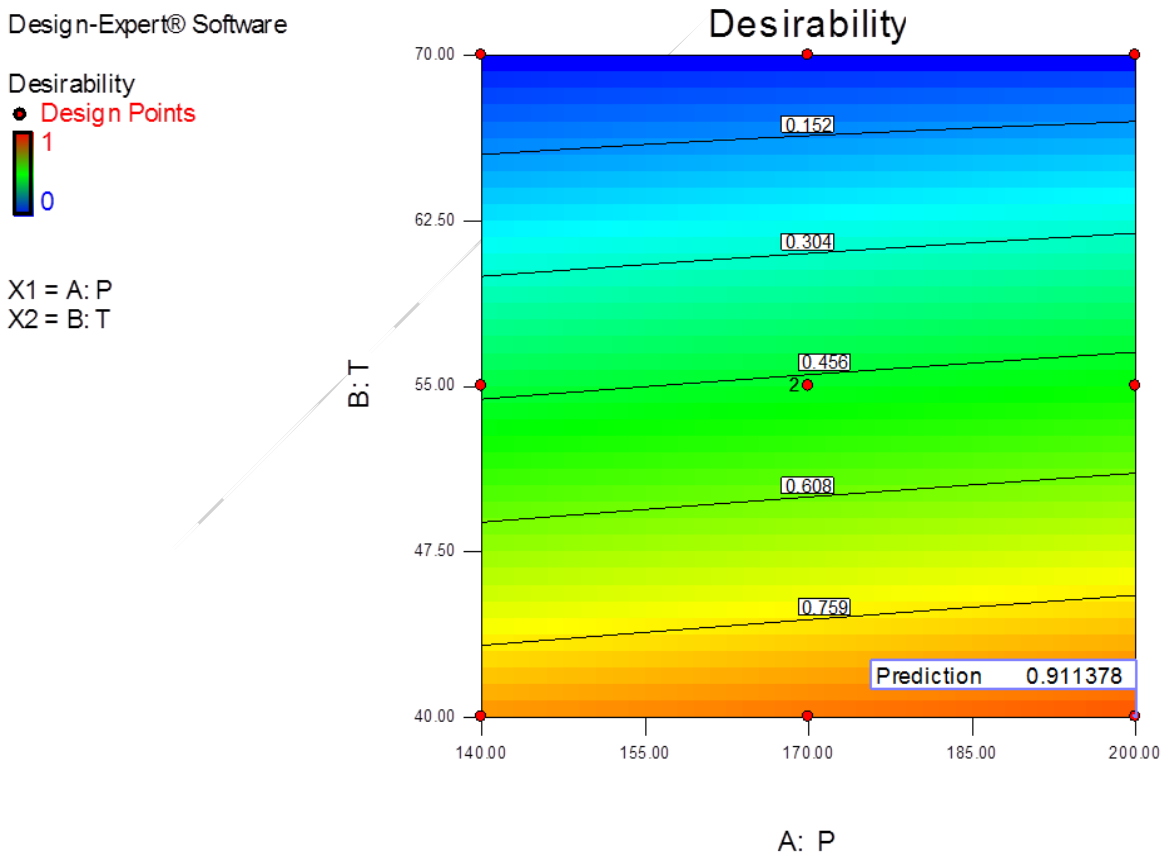
numara		Basınç(Barr)	Sıcaklık(Celcius)	Verim(g)	Kabul edilebilirlik
1	200,00	40,00	2,61706	0,911	seçildi
2	191,05	40,000	2,56502	0,902	
3	187,80	40,00	2,54606	0,899	
4	175,47	40,00	2,47434	0,886	

Şekil 1'de verimin basınca bağlı dağılımı gösterilmiştir. Buna göre. Basınç değeri 40 barda en düşük verimde iken basıncın 170 bar olması ile artan verim 200 bar seviyesinde tavan yaparak en yüksek değerine ulaştığı gözlemlenmiştir.



Şekil 1: Verimin basınca bağlı grafiği

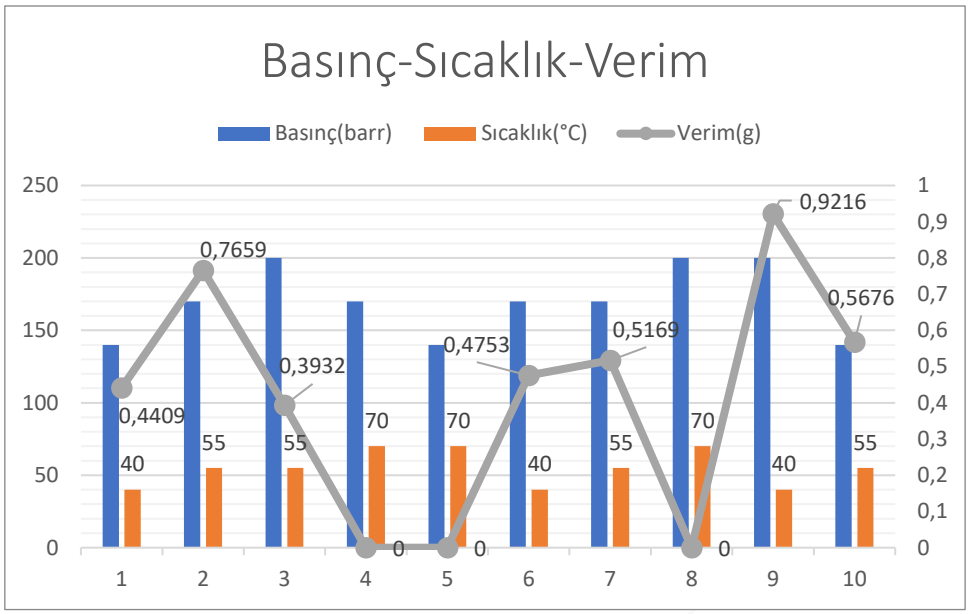
Sonuçların önem derecelerine ve verime göre renk dağılımı Şekil 2'de gösterilmiştir. Düşük sıcaklıkların yüksek öneme sahip olması ve verimin maximum seviyede gözlenmesi ile rengin kızıllmaşmaya başladığı görüldü. Yüksek sıcaklıklarda ise önem derecesinin düşük olması ile tam tersi bir etki gözlemlenerek rengin mavileşmekte olduğu görüldü.



Şekil 2: Önem derecelerinin verime bağlı renk dağılımı

Sıcaklık ve basınç kolerasyonu arasında verimin grafiği Şekil 2'de gösterilmiştir. Buna göre sıcaklığın düşük basıncın yüksek olduğu durumlarda verim artarken, sıcaklığın yüksek basıncın düşük veya sıcaklığın yüksek basıncın yüksek olduğu durumlarda verim azalmıştır. Preira ve Meireles 2006 yılında

yaptıkları çalışmada *Lemon verbena* ve mango yaptıkları çalışmada 350 bar 45C 'de %1,49 verim ile yüksek basınç düşük sıcaklıkta maximum verimi elde etmiş bu yönden elde edilen sonuçlara benzerlik göstermektedir.



Şekil 2: Sıcaklık ve basınç değerleri ile verimin değişim.

4.Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada Qualitec marka F-500 Süperkritik CO2 Ekstraksiyon Sistemi optimizasyonu lemon verbena otu ile yapılmıştır. Sonuçlara göre 40 °C 200 bar değerlerinin uygulandığı standartta maksimum verim 0,9216 g ve verim yüzdesi %3,1240 olarak elde edilmiştir. Elde edilen özütün çalışmalarla desteklenen antioksidan, antiinflamatuar, antimikrobiyal özellikleri kapsamında biyoaktif bir bileşen olarak kullanıma hazır olması çeşitli alanlarda kullanımının araştırılabilir olduğunu göstermektedir. Bu sonuçların numunenin farklı partikül boyutlarında ve cihazın farklı akış hızlarında çalıştırılması ile daha ayrıntılı bilgi sahibi olunabileceği tahmin edilmektedir.

Kaynaklar

Abderrahim, F., et al. (2011). "The antioxidant activity and thermal stability of lemon verbena (Aloysia triphylla) infusion." J Med Food 14(5): 517-527

Afrasiabian, F., et al. (2019). "Aloysia citriodora Palau (lemon verbena) for insomnia patients: A randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial of efficacy and safety." Phytother Res 33(2): 350-359.

Alma M. H., Karaoğul E., Ertaş M., Altuntaş E., (2011) '' Chemical Composition of Seed Oil from Turkish Prunus mahaleb L.'' 2nd International Non-Wood Forest Products Symposium 8-10 September - Isparta/TURKEY

Bahramsoltani, R., et al. (2018). "Aloysia citrodora Palau (Lemon verbena): A review of phytochemistry and pharmacology." J Ethnopharmacol 222: 34-51.

Bektaş Duygu (2014),'' Limon Otu (Lippia Citriodora) Ekstraktı Ve Sitralin Escherichia Coli Üzerine Antimikrobiyel Etkisinin Araştırılması'' Uludağ Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilimdalı Yüksek Lisans Tezi-Bursa

Camıla G. Pereıra And M. Angela A. Meıreles1 (2006) '' Evaluatıon Of Global Yıeld, Composıtıon, Antıoxıdant Actıvıty And Cost Of Manufacturıng Of Extracts From Lemon Verbena (Aloysıa Trıphylla [L'hérıt.] Brıtton) And Mango (Mangıfera Indıca L.) Leaves'' Journal of Food Process Engineering 30 (2007) 150–173.

Çolak, N., Tülek, Y. (2003). ''Süperkritik Akışkan Ekstraksiyonu'' . Gıda 28 (3) , . Retrieved from https://dergipark.org.tr/tr/pub/gida/issue/6972/92959

Fazly Bazzaz, B. S., et al. (2018). "In vitro evaluation of antibacterial activity of verbascoside, lemon verbena extract and caffeine in combination with gentamicin against drug-resistant Staphylococcus aureus and Escherichia coli clinical isolates." Avicenna J Phytomed 8(3): 246-253.

Jalali M., Feyzian M., et. al (2019) '' Comparison of the efficiency of some different Zn sources on quantitative and qualitative yield of Lemon verbena'' Journal of Plant Process and Function, Vol. 8, No. 31

Karik ve Azkan, (2011) ''Farklı Dikim Aralıklarının Limon Otu (Lippia Citriodora L.) Bitkisine Herba Ve Uçucu Yağ Verimi ile Uçucu Yağın Kalite Özelliklerine Etkisi'' BAHÇE Dergisi 40 (1): 23 – 34

Kurt P., Karaoğul E. 2018 ‘’ Bartın’da Aktarlarda Satılan Tıbbi Aromatik Bitkiler ve Ülkemizdeki Pazar Payları’’ Journal of Bartin Faculty of Forestry 20 (1): 73-80, Bartın-Turkey.

Solomu, Skoufogıannı , Et Al. (2017)’’Patterns Of Herbaceous Plant Specıes Rıchness, Composıtıon And Soıl Propertıes In An Organıc Cultıvatıon "Lemon Verbena" And Abandoned Agroecosystems Of Greece’’ Agriculture & Forestry, Vol. 63 Issue 4: 35-42, 2017, Podgorica DOI:10.17707/Agricultforest.63.4.03

Yaman ve Kuleşan (2016) ‘’ Uçucu Yağ Elde Etmede Gelişmiş Ekstraksiyon Yöntemleri’’ Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Özel Sayı 1: 78-83 The Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences of Mehmet Akif Ersoy University Special Issue 1: 78-83 (2016)

25.11.2020tarihindehttp://www.kimyaevi.org/TR/Genel/BelgeGoster.aspx?F6E10F8892433CFF679A66406202CCB01A2ABCEEAAF365E0#sak0201 sitesinden alındı.

BULGUR KAYNATMA SUYU İLE YAPILAN ŞALGAMIN DUYUSAL ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Zeynep Ruksan Çavuş
Harran Üniversitesi/Mühendislik Fakültesi/Gıda Mühendisliği
ruksancavus4111@gmail.com

Eyyüp KARAOĞUL
Harran Üniversitesi /Mühendislik Fakültesi/ Gıda Mühendisliği
eyyupkaraogul@gmail.com

Saliha Özer
Harran Üniversitesi/Mühendislik Fakültesi/Gıda Mühendisliği
saliha.ozer.s@gmail.com

Özet
Şalgam suyu; ülkemize özgü, laktik asit fermentasyonu ile üretilen, kırmızı renkli, bulanık ve ekşi lezzetli bir içecektir. Üretiminde hammadde olarak bulgur unu, şalgam turbu, su, ekşi hamur, kara havuç ve tuz kullanılmaktadır. Şalgam suyu besleyici değeri yüksek, mikrobiyolojik açıdan güvenli ve fonksiyonel bir ürün olan şalgam suyu kalsiyum ve demir gibi madensel maddeler, A, B ve C grubu vitaminler yanında çözünür şekerlerden glikoz, fruktoz ve sukroz bulunmaktadır. Bu çalışmada bulgur üretim fabrikalarının atık olarak doğaya bıraktıkları bulgur suyu ekonomik ve ticari öneme sahip bir içecek olan şalgama dönüştürülmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada bulgur suyu duyusal analiz değerlendirmesi için, bulgur suyu ve musluk suyu ile üretilen şalgamlar hazır market şalgamının kontrol olarak kullanıldığı analizde değerlendirilmiştir. Duyusal analizleri uzman panelistlerin renk-berraklık, tat-aroma, koku, kıvam, keskin tat, gecikmiş tat ve kekremsi tat olarak değerlendirdikleri şalgam suları 5: mükemmel 4: idare eder 3: fena değil 2: kötü 1: çok kötü değerlerini vererek puanlanmıştır. Puanlama sonuçlarına göre; renk-berraklık, tat-aroma, koku, kıvam, keskin tat, gecikmiş tat ve kekremsi tat olarak değerlendirdikleri şalgam sularından hazır market şalgamı en yüksek puanları alırken ikinci sırada en yüksek puanları bulgur suyu ile yapılan şalgam suyunun aldığı gözlemlenmiştir. Bu sonuçlara göre tüketicinin bu ürünü hazır market şalgamından hemen sonra tercih etiiği ve atık olarak atılan bulgur suyunun şalgam olarak değerlendirilip tüketiciye sunulması ekonomik değeri açısından önemli bir pay sağlayacağı öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler*: Bulgur Suyu, Şalgam, duyusal analiz.

INVESTIGATION OF THE SENSORY CHARACTERISTICS OF SHALGAM MADE WITH BULGUR BOILER WATER

Abstarct
Turnip juice; It is a red colored, turbid and sour tasting beverage unique to our country, produced by lactic acid fermentation. Bulgur flour, turnip radish, water, sour dough, black carrot and salt are used as raw materials in its production. Turnip juice, which is a microbiologically safe and functional product with high nutritional value, contains mineral substances such as calcium and iron, vitamins A, B and C, as well as glucose, fructose and sucrose from soluble sugars. In this study, it is aimed to transform the bulgur water, which is left to nature by bulgur production factories as waste, into shag, which is an economically and commercially important beverage. In this study, for the sensory analysis evaluation of bulgur water, turnips produced with bulgur water and tap water were evaluated in the analysis using ready-made market turnips as a control. Sensory analysis of turnip juices, which expert panelists evaluated as color-clarity, taste-aroma, odor, consistency, pungent taste, delayed taste and astringent taste, were scored by giving 5: excellent 4: okay 3: not bad 2: bad 1: very bad. According to the scoring results; It was observed that turnip juice made with bulgur juice got the highest scores from turnip juices, which they evaluated as color-clarity, taste-aroma, odor, consistency, pungent taste, delayed taste and astringent taste. According to these results, it is predicted that the consumer will prefer this product right

after the ready-made market turnip and that the bulgur water discharged as waste will be evaluated as turnip and presented to the consumer will provide an important share in terms of its economic value.

Keywords: Bulgur Juice, Turnip, sensory analysis.

1.GİRİŞ

Geçmişten günümüze insanlar beslemmelerinde dengeli ve faydalı tüketim yollarını kullanmışlardır. Tarihin en eski kültürlerinden günümüze kadar uzanan süreçte insan beslenmesini daima kullanışlı hale getirme çabası ile gıdaları gerek kurutarak gerek dondurarak veya fermente ederek daha uzun ömürlü olması için saklama çabasında bulunmuşlardır. Kültürden kültüre değişen saklama koşulları arasında en yaygını fermentsyon kullanarak çeşitli yiyecek elde edilmesidir. Bunların başında ise yoğurt, peynir, sirke, alkol kefir, tarhana vb. Olarak örnek verilebilir. Türkiye'de ise yaygın olarak kullanılan içeceklerden olan şalgam suyu fermente ürün olarak adana yöresine özgü olan şalgam suyu akla gelmektedir (canbaş ve fenercioğlu 1984). Kasım 2003 tarihinde revize edilen TS 11149 salgam Suyu standardında "Salgam suyu, bulgur unu, eksi Hamur, içme suyu ve yemeklik tuzun karıstırılıp laktik Asit fermantasyonuna tabi tutulduktan sonra elde edilen Özütün, salgam, mor havuç ve istenirse acı toz biber İlave edilerek hazırlanan karısımın tekrar laktik asit Fermantasyonuna tabi tutulması ile elde edilen ve İstendiğinde ısıl islem ile dayanıklı hale getirilen bir ürün" Olarak tanımlanmıştır. Şalgam suyu üretiminde sabit bir reçete olmmakla beraber tat ve zevke göre hammeddelerde değişiklik yapılabilmektedir. Ana hammeddelrinin kara havuç, bulgur unu, ekmek mayası, tuz, su ve şalgam olduğu şalgam suyunun fermentasyonunu sebzelerde bulunan mikroflora ile spontan olarak sağlanması yanısıra starter kültür eklenerek de sağlanabilmektedir. *Curiciferae* familyasından *Brassica* cinsine ait bir bitki olan şalgamın bilimsel adı *Brassica rapa*'dır. Şalgam suyu yapımında kökleri kullanılır. Şalgam suyunun tad ve aroması üzerinde etkili olur. Şalgam suyu üretiminde mor havuç en temel bileşendir. Mor havucun kullanılmasının nedeni, havuçtaki antosiyaninlerin neden olduğu kırmızı renktir. Mor havuçta bulunan antosiyaninlere baktığımızda siyanidin glikozitlerin temel antosiyaninleri oluşturduğu bilinmektedir. Şalgam suyu iyi bir besin kaynağıdır. Çoğu fermente ürün gibi iştah açıcı özelliğe sahiptir. Ayrıca Şalgam suyunun sindirim üzerine olumlu etkisi olduğu gibi bir kanı söz konusudur (Tanrıseven ve ark., 2008, Tangüler ve Erten 2012 Üçok ve Tosun, 2012,). Buğday yıllık bir bitki olup, birçok toprak ve iklim şartlarına uyum sağlayabilmektedir. Buğday; insan beslenmesinde en temel gıdalarda biridir. Buğday öğütüldükten sonra bulgur olarak kullanılmaktadır. Bulgur, buğdayın temizleme, kaynatma ve kurutma safhalarından sonra üretilmektedir. Tahıl grubu içerisinde yer alan bulgur besin piramidinin tabanında yer alan, çok önemli ekonomik bir karbonhidrat kaynağıdır. Bulgurun yapısında magnezyum, krom gibi mineraller, bazı fenoller, selenyum ve ayrıca B12 vitamin dışında bütün vitaminler bulunmaktadır. Bulgur kaynatma suyu, kaynama sırasında suya geçen B1, B2.B3 vitaminlerinin yanı sıra karbonhidrat bakımından da zengindir(Özler ve Kılıç 1996).

2.MATERYAL VE METOD

Bulgur suyu bulgur üretimi yapan firmadan alınmış olup diğer hammaddeler olan şalgam bitkisi, kara havuç, tuz, sarımsak, ince bulgur nohut ve şeker yerel marketlerden temin edilmiştir. Bulgur suyu ile üretilen şalgam suyu için Tablo 1'deki miktar kullanılarak şalgam üretildi. Musluk suyunun kullanıldığı şalgam suyu için hammadde ve miktarlarının Tablo 2'de olduğu gibi kullanıldığı şalgam suyu üretildi. Şanlıurfa yerel marketinden duyusal analizde kontrol grubu olarak kullanılacak olan hazır şalgam temin edildi. Beş farklı alnında uzman panelistlerin Tablo 3'de gösterilen anketler verilerek renk-berraklık, tat-aroma, tat, koku, kıvam, keskin tat, gecikmiş tat ve kekremsi tat olarak değerlendirdikleri şalgam suları, 5: mükemmel 4: idare eder 3: fena değil 2: kötü 1: çok kötü değerlerini vererek puanlanmıştır. Sonuçlar değerlendirilerek genel beğenisi en yüksek numune tespit edlimiştir.

Tablo 1: Bulgur suyu ile yapılanşalgam suyunda kullanılan hammaddelerin reçetesi.

REÇETE	
havuç	200 gr
tuz	10 gr
şeker	0.8 gr
i.bulgur	20 gr
çelem	20 gr
sarımsak	1.5 gr
nohut	3 gr
su	0
bulgur suyu	1000 ml

Tablo 2: Musluk suyu ile yapılan şalgam suyunda kullanılan hammaddelerin reçetesi.

REÇETE	
havuç	200 gr
tuz	10 gr
şeker	0.8 gr
i.bulgur	20 gr
çelem	20 gr
sarımsak	1.5 gr
nohut	3 gr
su	1000 ml

Tablo 2: Duyusal analiz anketi.

5:Mükemmel 4:idare eder 3: fena değil 2:kötü 1:çok kötü			
numune numarası	*1	**2	***3
Renk ve berraklık			
Tat-aroma			
koku			
Kıvam			
Keskin tat			
Gecikmiş tat			
Kekremsi			

*1: Marketten alınan hazır şalgam suyu.
**2: Bulgur suyu ile üretilen şalgam suyu
***3:Musluk suyu ile üretilen şalgam suyu.

3.ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Yapılan çalışmada bulgur suyu ve musluk suyu ile yapılan iki farklı şalgamın hazır market şalgamını kontrol alaak duyusal analiz testi uygulanmıştır. 5 uzman panelistin duyusal analiz testine, renk-berraklık, tat-aroma, tat, koku, kıvam, keskin tat, gecikmiş tat ve kekremsi tat parametrelerini dikkate alarak verdiği cevaplar ile hesaplanan sonuçlar Tablo 4'de gösterilmiştir.

Tablo 4: duyusal analiz test sonuçları.

	num.	Toplam	Ortalama	Varyans	Std a
Renk ve berraklık	1	23	4,6	0,24	0,55
	2	21	4,2	0,16	0,45
	3	14	2,8	0,16	0,45
Tat-aroma	1	24	4,8	0,16	0,45
	2	21	4,2	0,56	0,84
	3	12	2,4	0,64	0,89
koku	1	22	4,4	0,24	0,55
	2	21	4,2	0,56	0,84
	3	17	3,4	0,24	0,55
Kıvam	1	**23**	**4,6**	**0,24**	**0,55**
	2	22	4,4	0,24	0,55
	3	16	3,2	0,96	1,1
Keskin tat	1	23	4,6	0,24	0,55
	2	21	4,2	0,56	0,84
	3	**15**	**3**	**1,2**	**1,22**
Gecikmiş tat	1	24	4,8	0,16	0,45
	2	21	4,2	0,56	0,84
	3	15	3	0,8	1
Kekremsi	1	22	4,4	0,24	0,55
	2	21	4,2	0,16	0,45
	3	14	2,8	0,56	0,84

*1: Marketten alınan hazır şalgam suyu.
**2: Bulgur suyu ile üretilen şalgam suyu
***3:Musluk suyu ile üretilen şalgam suyu.

Tablo 4'e göre, yapılan analizde renk ve berraklık testinde 23 puan ile hazır market şalgamı allırken onu takipeden 21 puan ile bulgur suyu ile yapılan şalgam olmuştur. Musluk suyu ile yapılan şalgam ise 14 puan almıştır. Tat-aroma testinde hazır market şalgamı 24 puan, bulgur suyu şalgamı 21 puan ve musluk suyu şalgamı 12 puan almıştır. 22 puan ile koku testinde hazır market şalgamı 21 puan ile bulgur suyu şalgamı ve 17 puan ile musluk suyu şalgamı değerlendirilmiştir. Şalgamların ıvamlarının test edildiği kıvam analizinde ise 23 puan alan hazır market şalgamını takip eden bulgur suyu şalgamı 22 puan almış olup musluk suyu ile yapılan şalgam 16 puan almıştır. Keskin tat testinde 23 puan ile değerlendirilen hazır market şalgamı 21 puan ile değerlendirilen bulgue suyu şalgamı olmuş 15 puan ile musluk suyu şalgamı sonuçları rapor edilmiştir. Ağızda bırakan his olarak da adlandırılan gecikmiş tat değerlendirilmesinde 24 puan alan haızr şalgam 21 puan alan bulgur suyu şalgamı ve 15 puan alan musluk suyu şalgamı olmuştur. 22 puan hazır şalgamaverilen kekremsi tat analizinde 21 puanı bulgur suyu şalgamı almış olup 14 puan ile musluk usyu şalgamı sonuçlandırılmıştır.

4.Sonuç

Bu çalışmada Renk ve berraklık testinde en yüksek puanı 23 puan ile hazır market şalgamı allırken en düşük puan olan 14 ile musluk suyu ile yapılan şalgam almıştır. Tat-aroma testinde en yüksek puanı alan hazır market şalgamı 24 puan alırken en düşük puanı musluk suyu ile yapılan şalgam suyu 12 puan almıştır. 22 puan ile koku testinde en yüksek puanı alan hazır market şalgamı olurken en düşük puanı musluk suyu ile yapılan şalgam 17 puan almıştır. 23 puan ile Kıvam testinde en yüksek puanı alan hazır market şalgamı olurken en düşük puanı musluk suyu ile yapılan şalgam 16 puan almıştır. Keskin tat testinde 23 puan ile en yüksek değerlendirmeyi hazır market şalgamı alırken en düşük puanı musluk suyu ile yapılan şalgam 15 puan almıştır. Gecikmiş tat testinde en yüksek 24 puan ile alan hazır market şalgamı olurken en düşük puanı 15 puan alarak musluk suyu ile yapılan şalgam almıştır. Kekremsi testinde en yüksek değerlendirme ile 22 puan alan hazır market şalgamı olueken 14 puan ile edn düşük puanı musluk suyu şalgamı almıştır. Analiz sonuçlarına göre tüketici beğenisini alan market şalgamına en yakın sonuçları bulgur suyu ile yapılan şalgam almıştır. Hem atık değerlendirilmesi olarak hem de içeriğindeki zengin biyoaktif bileşenlerin barındırarak tüketilebilir ekonomik gelir kaynağı olabileceği öngörülmektedir.

Kaynaklar

Canbaş, A , Fenercioğlu, H . (1984). Şalgam Suyu Üzerinde bir Araştırma . *Gıda* , 9 (5) , . Retrieved from https://dergipark.org.tr/tr/pub/gida/issue/6918/92427

Tanrıseven, D , Dıblan, S , Selli, S , Kelebek, H . (2018). Şalgam suyunun üretim yöntemleri ve biyoaktif bileşenleri . Artıbilim: *Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* , 1 (1) , 38-45 . Retrieved from https://dergipark.org.tr/tr/pub/artibilim/issue/38060/439303

Tangüler ve Erten (2012) ‘’ Salgam Suyu Üretiminde Gerçeklestirilen Hamur Fermantasyonu Sırasında İzole Edilen Laktik Asit Bakterilerinin Tanımlanması’’ *Akademik Gıda* 10(2) (2012) 48-54

Üçok ve Tosun (2012) ‘’ Şalgam Suyu Üretimi Ve Fonksiyonel Özellikleri’’ C.B.Ü. *Fen Bil. Dergisi* (2012)17 – 26, 2012

Özler, N , Kılıç, O . (1996). Şalgam Suyu Üretimi Üzerinde Araştırmalar . *Gıda* , 21 (5) , . Retrieved from https://dergipark.org.tr/en/pub/gida/issue/6800/91442

OPTICAL PROPERTIES of TiO_2/SnO_2 NANOCOMPOSITES DEPENDING on [Ti/Sn] MOLAR RATIO

Fatma Sarf
Çanakkale Onsekiz Mart University / Çan Vocational School
fatmaozutok@comu.edu.tr ORCID ID: 0000-0002-4445-4800

Abstract

In this study TiO_2/SnO_2 nanocomposites were synthesized by co-precipitation method. It has been carried out in order to determine [Ti/Sn] molar ratio effect on the structural and optical characteristics of TiO_2/SnO_2 nanocomposites. [Ti/Sn] molar ratio was selected as [2,1], [1,1] and [1,2]. Structural, morphological and optical properties were determined by XRD, SEM, Uv-Vis spectroscopy and PL spectroscopy, respectively. With the increasing tin ratio polycrystallization is improved and rutile TiO_2 and tetragonal SnO_2 phases are determined for all samples from x-ray patterns. With a similar increase, particle forms have been observed to change from granule to triangular structure. From the optical absorption spectrum, blue shift was detected in [Ti/Sn]: [1,2] samples with an excess tin molar ratio.

Keywords: metal oxide, co-precipitation, molar ratio effect, optical

1. INTRODUCTION

Nanoparticles and their mixture form of nanocomposites have been gained much more interest due to exhibition of quantum size effect under 100 nm. dimension. This provides high surface reactivity compared to bulky counterparts so obtains high surface/volume ratio (Cartwright et.al., 2020). In addition, amazing adsorptive property and fast diffusivity properties are observed in nanoparticle form (Chavali et.al., 2019).

Optical properties of metal oxides are so important to develop high effective opto-electronic, solar-cell, Uv filter and photo-catalysis applications. Among them, cheap and easy synthesized TiO_2 and SnO_2 are so attractive with their unique physical and chemical properties. TiO_2 nanoparticles have attractive properties such as high stability, photochemical activity and easily reduced at high temperatures. On the other hand, SnO_2 nanoparticles are n-type semiconductor and they have wide band gap and easy tunable electrical conductivity. Until now, there are a lot of single TiO_2 or SnO_2 studies including their optical properties have been reported in the literatüre (Gupta et.al., 2011, Das et.al., 2014). To modify or improve the properties of single metal oxides within a narrow distribution of particle sizes; doping, binary or ternary metal oxide combinations (nanocomposites) and C-based material entegration have been preferred (Sarf, 2020).

Optical properties of these materials strongly correlates with their surface shapes and sizes beacuse of changing reaction mechanism in growth process of the particles and material functionality. Therefore, nanoparticle synthesis method is so important (Rane et.al., 2018). Co-precipitation method provides relative effective particle size distribution and no-set up system so it was choosed in this study.

The aim of this work was the production of TiO_2/SnO_2 nanocomposites using simple and effective co-precipitation and the investigation of [Ti,Sn] molar ratio effect on the optical properties.

2. MATERIALS AND METHODS

Tin (II) chloride dihydrate [$SnCl_2$ 2 H_2O, 99 % purity, Sigma Aldrich], titanium trichloride [$TiCl_3$, 99 % purity, Acros Organics] were used as starting materials. Sodium hydroxide [NaOH, 99% purity, MERCK] was used as a complex agent. SnO_2 and TiO_2 nanopowders were synthesized by simple co-precipitation method. Enough amount tin (II) chloride dihydrate and titanium trichloride were dissolved in 100 ml of distilled water in separate beakers. To obtain TiO_2/SnO_2 nanopowders, molar ratio of the [Ti,Sn] was arranged as [1,2],[1,1], [2,1]. 0.25 M NaOH was added into these solutions to gain basic media. The suspensions were continuously stirred for 3 hours at 75±5 ºC on the magnetic stirrer. After

one day waiting at room temperature, white precipitates were filtered several times with distilled water and ethanol. Heat treatment was conducted at 650 ºC for 3 hours for dried powders in the furnace.

XRD, SEM, EDX measurements were realized similarly in our previous study (Sarf, 2018). FTIR spectrum and Uv-Vis spectrum measurements were tested by Ayben Top working group in IZTECH.

3. RESULTS

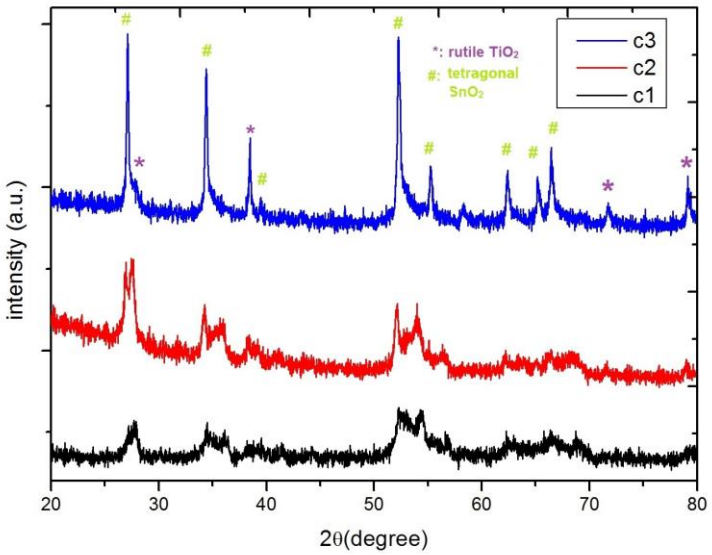
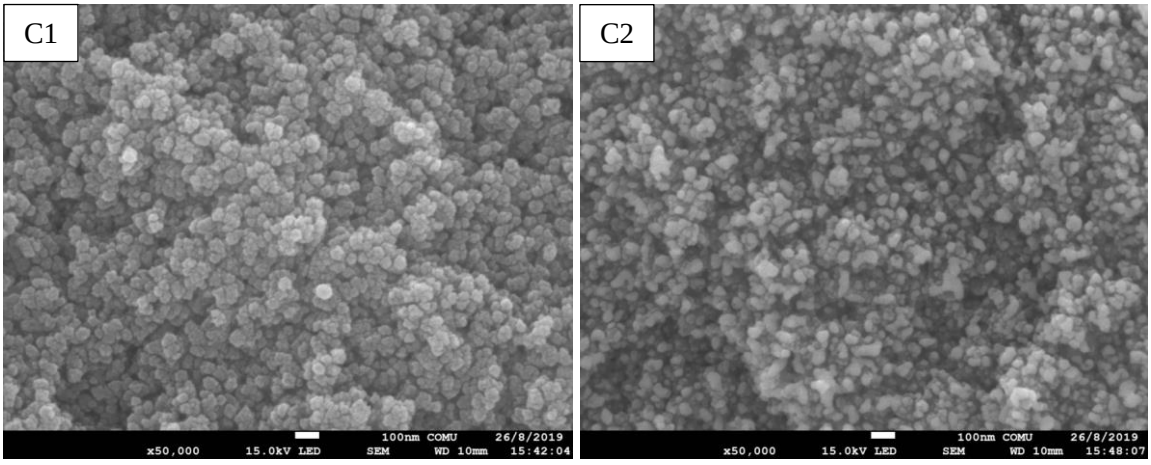


Figure 1. x-ray patterns of TiO_2/SnO_2 nanocomposites

Table 1. Structural parameters of TiO_2/SnO_2 nanocomposites

	2θ (°)	FWHM (rad)	d(Å)	D(nm)	Dislocation density (δ)	Lattice Strain (ε) (%)
C1	27.69	0.0008	3.1981	10.9	0.0084	11.477
C2	27.45	0.0062	3.2388	7.1	0.0198	14.386
C3	27.09	0.0005	3.2895	39.7	0.0006	6.062



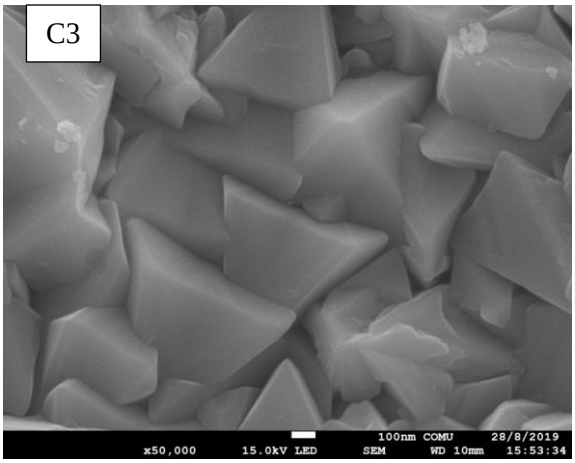


Figure 2. SEM images of TiO_2/SnO_2 nanocomposites

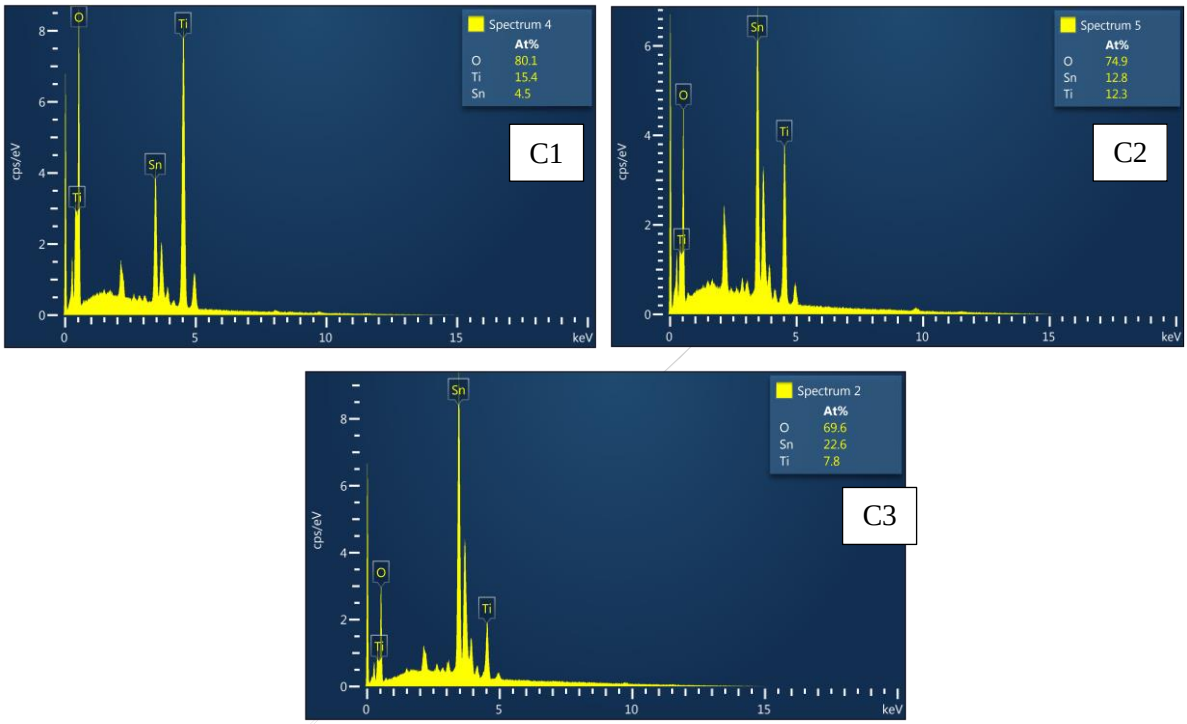


Figure 3. Elemental analysis graphs of TiO_2/SnO_2 nanocomposites

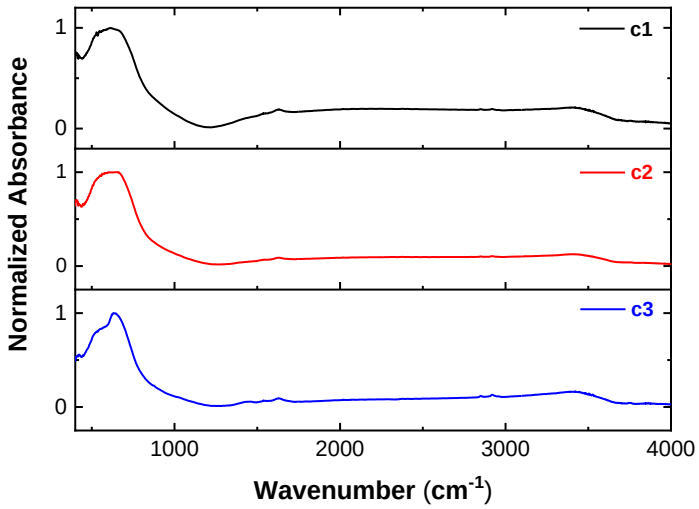


Figure 4. FTIR spectrum of TiO_2/SnO_2 nanocomposites

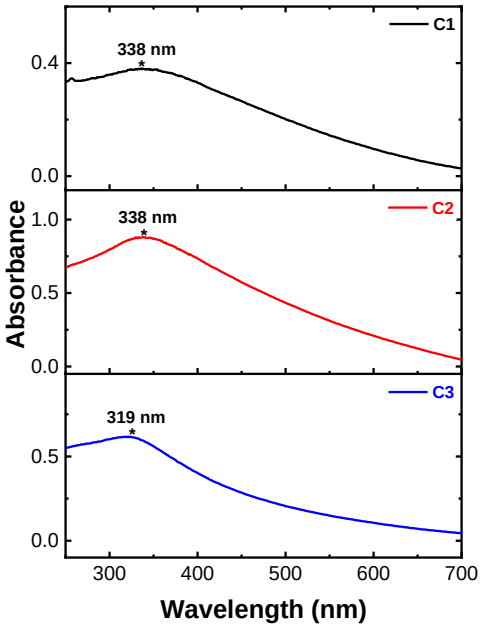


Figure 5. Uv-Vis spectrum of TiO_2/SnO_2 nanocomposites

4. DISCUSSION

4.1. Structural Properties

x-ray patterns and structural parameters of the samples are showed in Figure 1 and Table 1, respectively. The diffraction peaks are indexed to be rutile TiO_2 and tetragonal SnO_2 phases with different peak intensities (Adawiyah, 2016). There are no indications of the peaks corresponds to impurities or titanium/ tin phases. With the increasing tin molar ratio polycrystallinity is improved and Sn^{4+} ions substitution with Ti^{4+} is detected with slightly shift from x-ray patterns, it can be caused by kinetics of crystal growth. It is shown that dominated transformation of rutile TiO_2 to tetragonal SnO_2 phase is interesting and with increasing tin molar ratio, rutile TiO_2 phase nearly disappeares. These results indicate that the tetragonal SnO_2 phase is more stable for three different molar ratio of [TiO_2/SnO_2] and increasing SnO_2 amount can be hinder the growth of TiO_2 (Uyar et.al., 2015).

The average particle sizes (measured by Debye-Scherrer formula) and lattice strains of the samples are listed in Table 1. No major difference of lattice strains in [Ti/Sn]: [2,1] and [Ti/Sn]: [1,1] samples is detected due to similar crystal growth. However big lattice strain difference is detected in tin excess samples (C3) due to changing preferential orientation. Minimum average particle size of ~7 nm. is measured for [Ti/Sn]: [1,1] samples, it indicates increased tin molar ratio can prevent agglomerative formations in crystal growth (Hassan et.al., 2019).

4.2. Morphological Properties

Surface morphology images of the samples with using SEM shown in Figure 2. Surface of all samples exhibits relative homogeneous and no-crack formations. In [Ti/Sn]: [2,1] and [Ti/Sn]: [1,1] samples whose particle growths are similar to each other also have similar granule-shaped surfaces. In [Ti/Sn]: [2,1] and [Ti/Sn]: [1,1] samples, the sizes of the granule shapes decreased with increased tin ratio, consistent with structural parameters, as shown in Table 1. However [Ti/Sn]:[1,2] samples have trigonal forms and their dimensions are so high compared to other two samples.

4.3. Elemental Analysis Results

Elemental (%) percentages of the samples are shown in Fig.3. All samples have Ti, Sn and O peaks and their percentage depends on the growth process and molar ratio of [Ti/Sn]. No precursor – related peak (chloride) is detected due to succesfull growth of the nanoparticles.

4.4. Chemical Composition of TiO_2/SnO_2 nanocomposites

Chemical composition of TiO_2/SnO_2 nanocomposites are depicted in Fig. 4. No big impact was showed in FTIR spectrum of the samples with changing [Ti/Sn] molar ratio. All samples have Ti-O bending mode at 483 cm^{-1} (Chougala et.al., 2017). Obvious hydroxyl group peaks are not shown between 0-4000 cm^{-1} range, indicating material formation is of high quality for all samples.

4.5. Optical Properties

Optical absorption edge measurements are performed by spectral analysis of Uv-Vis spectroscopy in the 300-700 nm. range. There are no peak that corresponding to impurities or structural defects. In the UV range, the absorption spectrum of the TiO_2/SnO_2 nanocomposites displays a strong absorption due to TiO_2 interband transition (Dohçevit-Mitroviç et.al., 2020). One absorption peak is shown at 338 nm. for [Ti/Sn]: [2,1] and [Ti/Sn]: [1,1] samples. However, in [Ti/Sn]:[1,2] samples the broad band is shifted to lower wavelength , is shown at 319 nm., it indicates that the band gap increase with tin molar ratio increase in TiO_2 structure. It indicates that introduction of SnO_2 into TiO_2 lattice may not have an impact on the light absorption until [Ti/Sn]: [1,1] molar ratio, this changes with [Ti/Sn]:[1,2].

5. CONCLUSION

In this work, TiO_2/SnO_2 nanocomposites were produced by simple co-precipitation. [TiO_2/ SnO_2] molar ratio effect was investigated, choosing as [2,1], [1,1] and [1,2]. Structural, morphological and optical properties were investigated by XRD, SEM and Uv-Vis spectroscopy. All samples are mixture of rutile TiO_2 and tetragonal SnO_2 phases. On increasing the tin molar ratio favours the growth of TiO_2-SnO_2 nanocomposites. The optical absorption peak of [TiO_2/SnO_2]: [1,2] mixture shows a blue shift by tin concentration increase in the TiO_2 host lattice with Burstein-Moss effect. Elemental analysis results and FTIR spectrum are a proof that production of TiO_2/SnO_2 nanoparticles. Results indicate that [TiO_2/SnO_2] nanocomposites can be used in optic device applications.

APPRECIATION:

I would like to thank Assoc. Prof. Dr. Ayben Top from IZTECH for her contribution to the study as well as the measurements.

REFERENCES

Cartwright A., Jackson K., Morgan K., Anderson A., Britt D.W. 2020. A Review of Metal and Metal-Oxide Nanoparticle Coating Technologies to Inhibit Agglomeration and Increase Bioactivity for Agricultural Applications. Agronomy 10, 1018-1038.

Chavali M.S., Nikolova M.P.2019. Metal Oxide Nanoparticles and Their Applications in Nanotechnology. SN Applied Sciences 1, 607.

Chougala L.S., Yattanni M.S., Linganagoudar R.K., Kamble R.R., Kadadevarmath J.S. 2017. Journal of Nano- and Elec. Phy. 9(4), 04005-04011.

Das S., Jayaraman V. 2014. SnO_2: A comprehensive review on structures andgas sensors. Progress in Materials Science 66, 112-255.

Dohcevi˘c-Mitrovi´c´ Z.D., Araújo V.D., Radovic´ M., Aškrabic´ S., Costa G.R , Bernardi M.I.B., Djokic´ M., Stojadinovic´ B., Nikolic M.G. 2020. Influence of oxygen vacancy defects and cobalt doping on optical, electronic and photocatalytic properties of ultrafine SnO2-δ nanocrystals. Processing and Application of Ceramics 14 (2), 102–112.

Gupta M.T., M. Tripathi. 2011. A review of TiO_2 nanoparticles. Chinese Science Bulletin 56(16), 1639-1657.

Hassan S.M., Ahmed A.I., Mannaa M.A. 2019. Preparation and characterization of SnO_2 doped TiO_2 nanoparticles: Effect of phase changes on the photocatalytic and catalytic activity. Journal of Science: Advanced Materials and Devices 4, 400-412.

Rane A.V., Kanny K., Abitha V.K., Thomas S. 2018. Synthesis of Inorganic Nanomaterials. Chapter 5, 121-139.

FOTOVOLTAİK GÜNEŞ SANTRALLERİ İLE ŞEBEKE BAĞLANTILI ELEKTRİK ÜRETİM SİSTEMLERİNDE DÜNYADAKİ VE TÜRKİYE'DEKİ GELİŞMELER

Eissa AL-SHAGEA
Enerji Sistemleri Müh., Kocaeli Ün., Kocaeli, 41000, Türkiye
isa.2050@hotmail.com

Özet
Gelişen dünyada artan enerji ihtiyacı ve azalan kaynaklar insanları sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanımına özendirmiştir. Bu eğilim ile güneş enerjisi dünyada en önemli yenilenebilir enerji kaynakları arasındaki yerini almış,Türkiye'deki kullanımı ise 1970'li yılların sonundan başlayarak öncelikle ısıl alanda sonrasında elektrik üretiminde karşımıza çıkmaktadır. Tüm dünya ülkelerinde olduğu gibi Türkiye'de de birtakım devlet destekleri ve teşvikler ile güneşten elektrik enerjisi üretimi yaygınlaştırılmaya çalışılmıştır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ve bazı bu alanda etkin olan yan kuruluşlar birçok çalışmaya imza atmıştır. Özellikle 2010 yılından itibaren güncellenen yönetmelikler ile lisanssız üretim tesislerinin önü açılmıştır. Nitekim tüm bu destek ve çalışmalar neticesinde 2017 yılında Türkiye, Avrupa enerji pazarında en yüksek kapasite artışı gösteren ülke olmuştur.
Bu araştırma kapsamında Dünyada ve Türkiye'de Güneş enerjisinden elektrik üretimi alanında yapılan çalışmalar ve yaşanan gelişmeler ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler:Güneş Enerjisi, Kurulu Güç, Şebekeye Bağlı PV

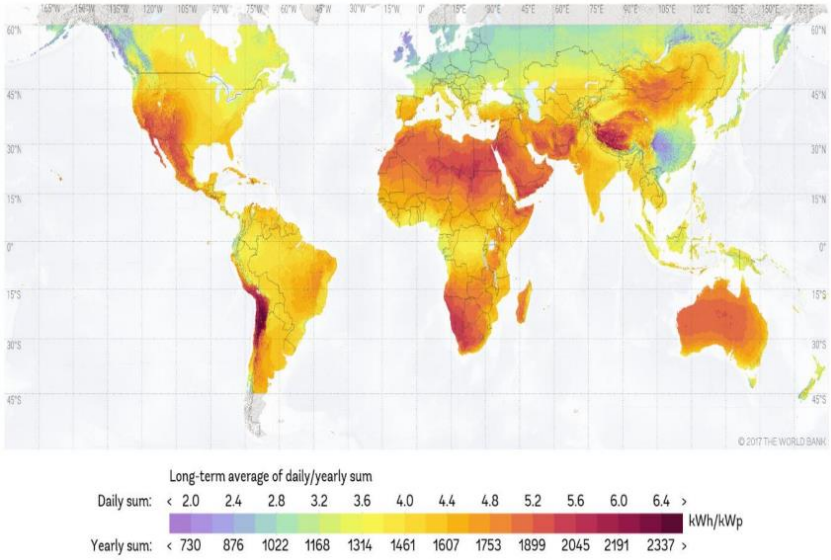
DEVELOPMENTS OF GRİD CONNECTED SOLAR PHOTOVOLTAİC ELECTRİC PRODUCTİON SYSTEMS IN THE WORLD AND TURKEY

Abstract
Increasing energy need and decreasing resources in the developing world encouraged people to use sustainable energy resources. With this trend, solar energy has taken its place among the most important renewable energy sources in the world, the use of electricity production in Turkey emerges after the use of heat in the area starting from the end of 1970. In Turkey, as in some countries of the world government supports and incentives to spread an important of producing electricity from sun. The Ministry of Energy and Natural Resources and some subsidiaries that are active in this field have carried out many works. Especially with the regulations updated since 2010, unlicensed production facilities were started. Thus, all this support work in 2017 and as a result, Turkey was the country showing the highest increase in capacity in the European energy market.
Keywords: Solar Energy, Installed Power, Grid PV,

1.GİRİŞ

Dünya genelinde ve Türkiye'de nüfus artışı ile doğru orantılı olarak enerji ihtiyacı da günden güne artmaktadır. Bu enerji ihtiyacını karşılamak için en yaygın kullanılan kaynaklar olan fosil yakıtlar ise hızla azalmaktadır. Üstelik bu yakıtların kullanımı sonucunda gezegenimizde birtakım olumsuz doğa olayları gerçekleşmektedir. Ayrıca bu olumsuz doğa olaylarının hava, su ve toprak üzerinde etkilerinin sonucunda dünya üzerindeki canlı sağlığı zarar görmektedir.

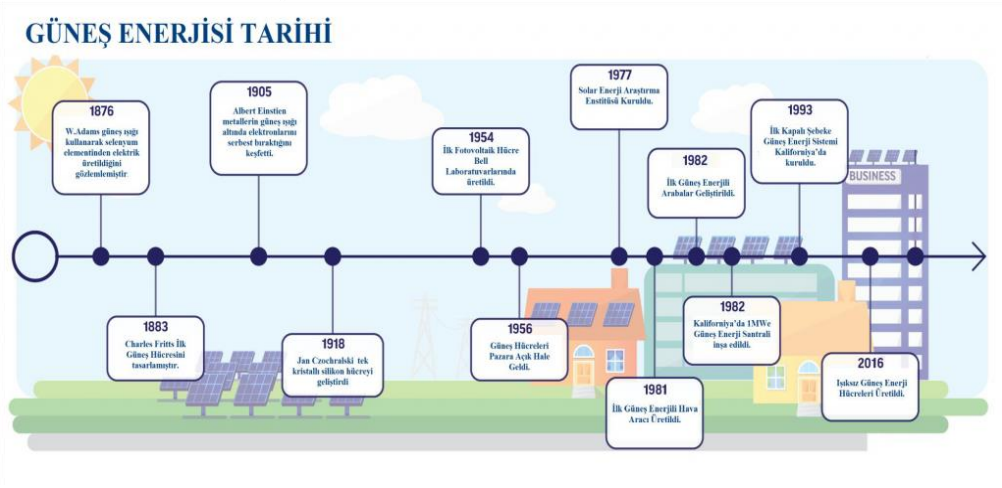
Bu bilgiler ışığında yenilenebilir enerji kaynakları çevreye zarar vermeyen, canlı sağlığı üzerinde olumsuz etkilere yol açmayan ve sürdürülebilir nitelikleri ile en çok tercih edilen enerji kaynağı olma özelliğini taşımaktadır. Türkiye dünya çapında düşük fosil yakıt kaynağına sahip ülkelerden biridir. Enerji ihtiyacının önemli bir kısmını ithal ettiği için enerji fakiri ülkeler arasındadır. Ancak son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik yatırımların teşvik edilmesi ile birlikte ithal edilen enerji azaltılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının en verimlisi olan güneş enerjisi yönünden Türkiye zengin bir ülke olarak nitelendirilebilir. Türkiye yıllık 380 MWh'lik üretim ile yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahiptir (Çetin, 2019).



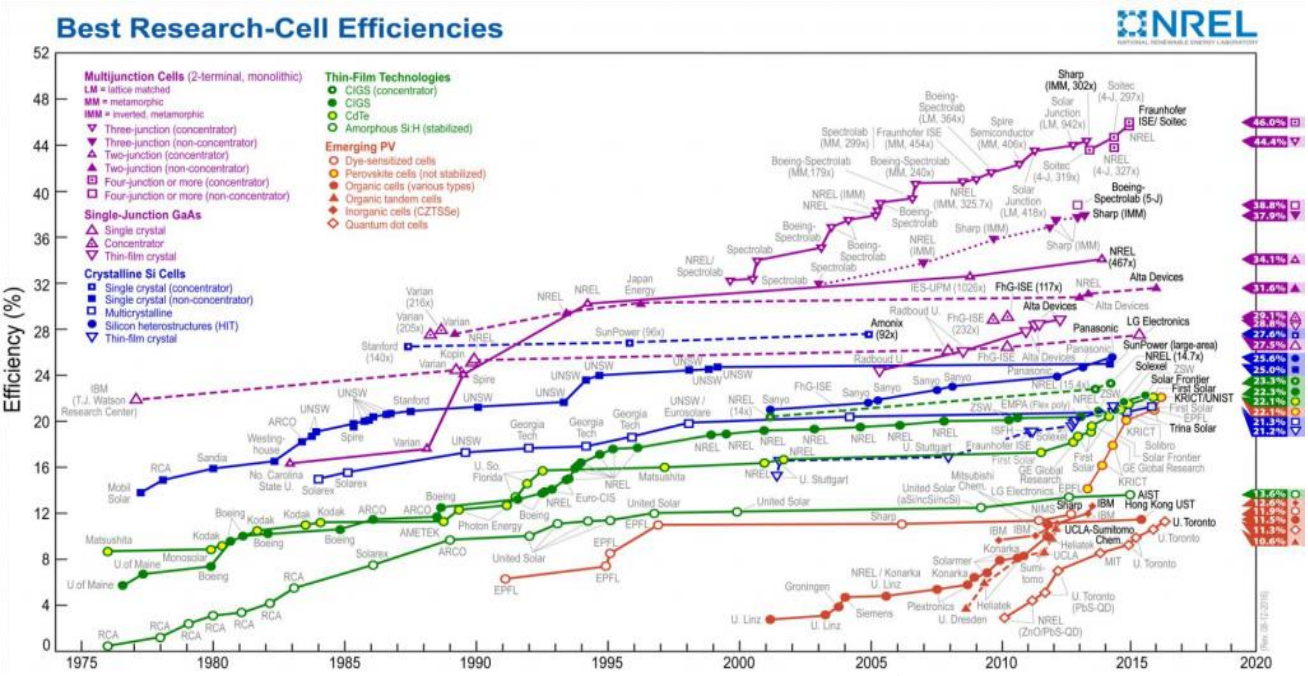
Şekil1:Dünya Genelinde Güneş Işınımını En Fazla Alan Bölgeler (GÜNDER, 2017).

2.DÜNYADA GÜNEŞ ENERJİSİ- FOTOVOLTAİK(FV) SİSTEMLERİN TARİHSEL GELİŞİMİ

Dünyada güneş enerjisinin tarihsel gelişimine bakacak olursak 1839 yılında bir Fransız bilim adamı olan Edmond Becquerel tarafından gözlemlenen Fotoelektrik enerjisi karşımıza çıkmaktadır. Edmond'a göre elektriksel bir voltaj elde edebilmek için ışık enerjisinin soğurulması yöntemi kullanılabilir. 1876 da güneş enerjisinin kolay yoldan toplanabildiği fikri ile sonuçlanan Selenyum elementinin fotoiletkenlik özelliği, İngiliz bilim adamı Willoughby Smith tarafından ortaya konulmuştur. 1883 yılına gelindiğinde ise solar hücrelerin Charles Fritts tarafından %1-2 'lik verimle üretilmeye başlandığını görülmektedir. Bu verim günümüzde %15-20'lere kadar ulaşmıştır. Fotoelektrik yöntemi 1887'de Heinrich Hertz adındaki Alman bilim insanı tarafından daha net bir biçimde gözlemlendi. Tüm bu gelişmelere ek olarak Silikon Güneş hücrelerinin üretimi 1953-1956 yılları arasında başlamıştır. Silikon Güneş hücrelerinin üretiminden kısa bir süre sonra uzay çalışmalarında solar enerji sistemleri yer almaya başladı. Bu gelişmeleri takiben 1982 yılında Kaliforniya'da ilk güneş enerji santrali 1MWe'lik güce sahip Hesperia kuruldu. NREL kurumu ile Güneş hücrelerinin verimi 1994-1999 aralığında %30-32'ye yükseltildi[2].

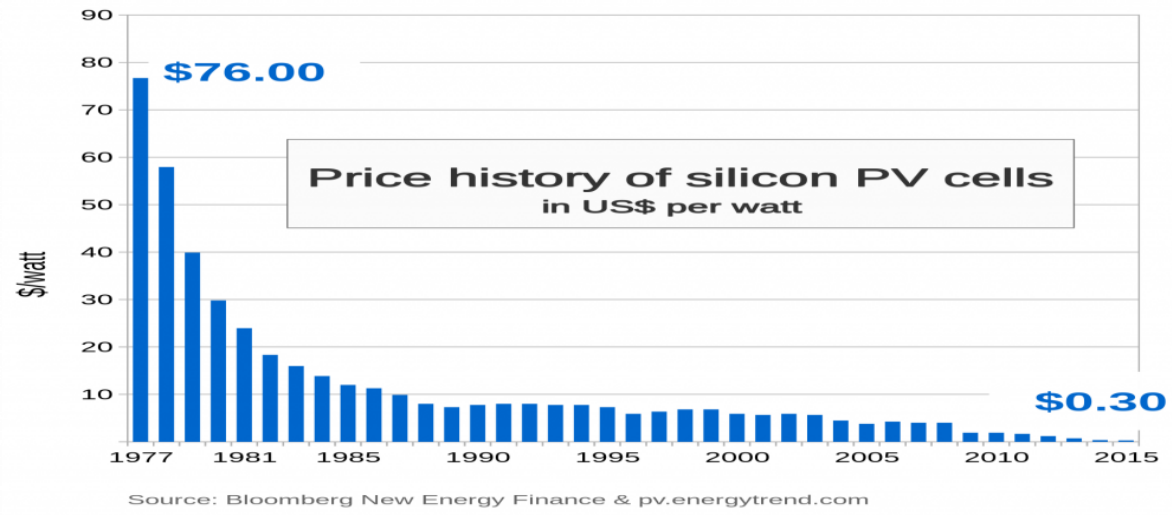


Şekil 2:Dünyadaki Güneş Enerjisi Gelişme Tarihi.



Şekil 3: Fotovoltaik (FV) Hücrelerin 1876-2020 Yılları Arası Verimliliği (GÜNDER, 2017)

Dünya genelinde yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlisi olan güneş enerjisi kurulu gücü 2018 yılsonu verilerine göre 509.3 GW değerine ulaşmıştır. Ülkeler bazında bakıldığında ise bu gücün %34'lik en yüksek oranla Çin'de olduğu, Çin'i takiben %12 USA, , %11'i Japonya'da, Almanya'da %9 ve %5'inin de Hindistan olmak üzere bir dağılım gösterdiği izlenmektedir.



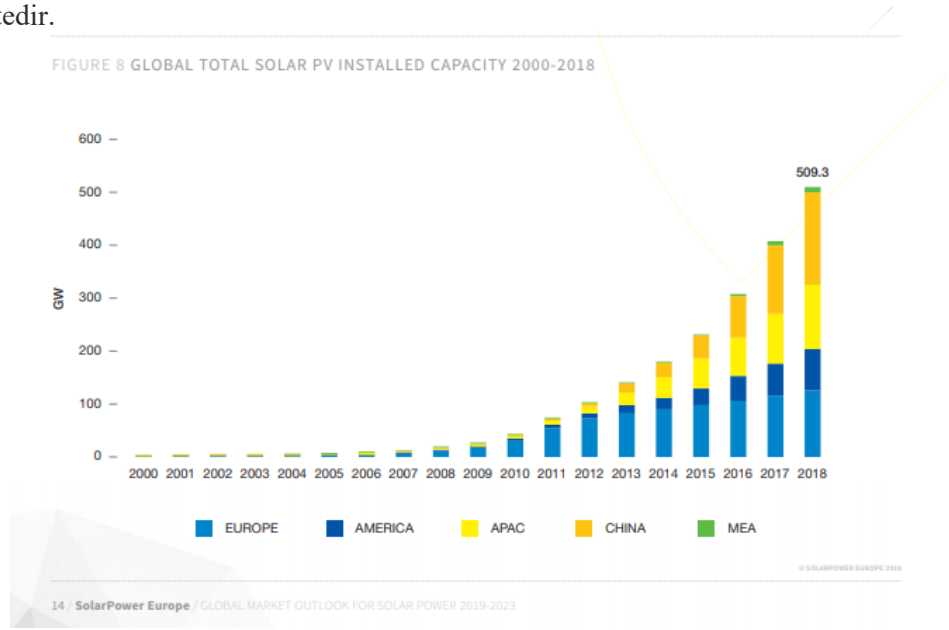
Şekil 4:2018 yılı PV enerjinin en yüksek olduğu ilk 10 ülke için oranlar (Tüba, 2018).

Bu değerler yıllık en az 100 GW'lık artış göstermekle birlikte 2023 yılında dünya genelinde güneş potansiyeli kapasitesinin ilk 10 ülke için beklenen sıralaması aşağıdaki gibidir.

Tablo 1: 2023 Yılında Dünya Genelinde Güneş Potansiyeli Kapasitesinin İlk 10 Ülke (Koç, 2018).

No	Ülke adı	Güç miktarı	Güç birimi
1	Çin	448	GW
2	USA	132	GW
3	Hindistan	116	GW
4	Japonya	82	GW
5	Almanya	72	GW
6	Avustralya	45	GW
7	İtalya	29	GW
8	İspanya	25	GW
9	Güney Kore	24	GW
10	Fransa	22	GW

Bu dağılım dünyadaki Kurulu Güneş Sistemlerinin 2000-2018 yılları arasındaki gelişimini göstermektedir.



Şekil 5:2000-2018 Yılları Toplam Güneş Kapasitesi Kurulu Gücü (Müdürlüğü, 2016)

3.TÜRKİYE'DE GÜNEŞ ENERJİSİ- FOTOVOLTAİK(FV) SİSTEMLERİN GELİŞİMİ

Türkiye'de güneş enerji sistemleri alanındaki çalışmalar 1980-1990 yılları arasında başlamış olup yapılan çalışmalar incelendiğinde; Ege Üniversitesi'nin laboratuvarında pratik bir uygulama sonucunda bir ısı pompası sistemi kurularak güneş hücreleri ile çalıştırılması bu alanda atılan ilk adımlardan biri olmuştur. Ardından Afyonkarahisar, Göcek, Uşak ve Kahramanmaraş'ta telekomünikasyon için 50kWp güce sahip 4 hücreli güneş sistemleri yapılmıştır. İlk laboratuvar ölçekli güç santrali Didim'de elektrik İşleri Etüt İdaresi öncülüğünde tesis edilmiştir.

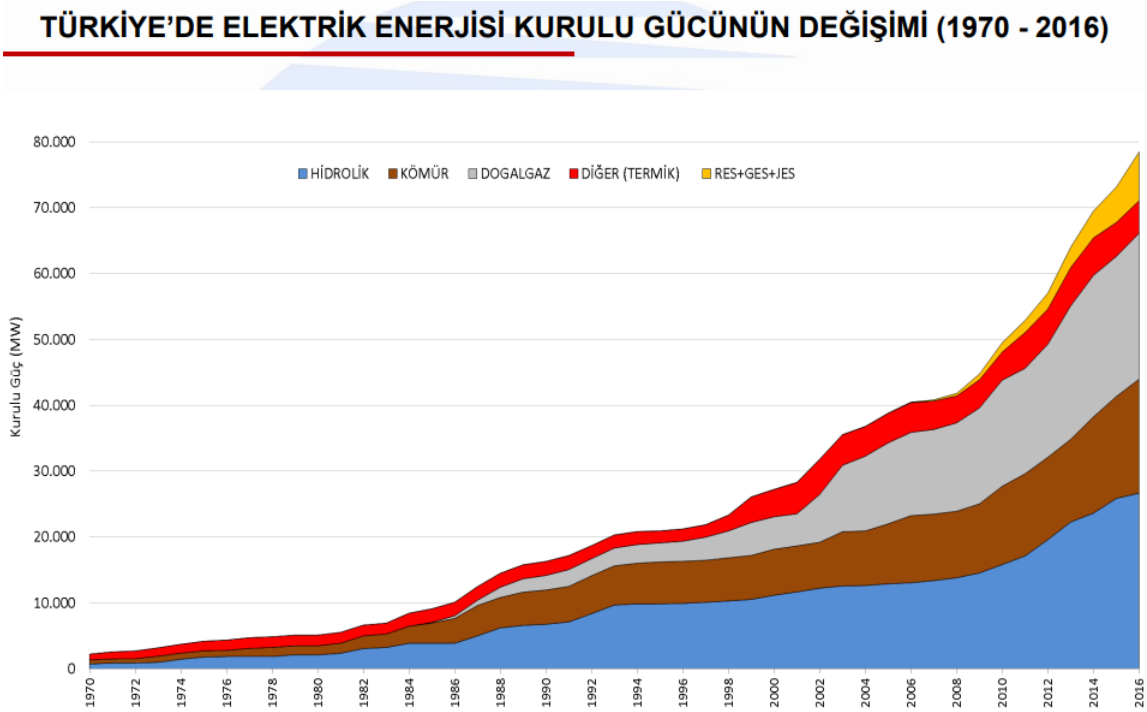
Dünya genelinde Güneş Pilleri, Güneş Hücreleri ve Güneş Enerjisi ile ilgili meydana gelen gelişmelerin ülkemizdeki yansımaları üniversitelerimiz başta olmak üzere Enerji İşleri Etüt İdaresi ve TÜBİTAK gibi kurumların çalışmaları ile; ulaşım sektöründe, aydınlatma ve trafik ışıklarında güneş hücrelerinin kullanımı yaygınlaşmıştır.

Lisanssız elektrik üretim hususunda ilgili yönetmelikte 2011 yılında yatırımların arttırılmasına yönelik yatırımcılara lisanssız elektrik üretimi için 500kWe'e kadar üretim yapma serbestliği getirilmiştir. Bu yönetmeliğin bir sonucu olarak Gazi Üniversitesinde 2012 Ekim ayında kurulan ilk lisanssız güneş santrali hayata geçirilmiştir.

Lisanssız Elektrik Üretimine dair yönetmelik 2013 yılında yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmeliğe göre lisanssız tesislerin maksimum kurulu gücü 1MW'a çıkartılmıştır. 2014 yılında güneş enerjisi toplam kurulu gücün %0.05'i olup değeri 40.2 MW'tır.

2014-2015 yıllarında elektrik lisans yönetmeliği çerçevesinde GES kurmak üzere TEİAŞ tarafından düzenlenen bir yarışma sonucunda kazanan firmalara 600MWe'lik kapasite dağıtılmıştır. Öte yandan, maliyetlerin düşmesinin etkisiyle hızlanan lisanssız enerji üretimi tesisleri artmıştır. 2015 yılına gelindiğinde ise Güneş Enerjisine dayalı kurulu güç bir önceki yıla oranla %619'luk artış ile 248,8MW değerine ulaşarak Güneş Enerjisi toplam kurulu gücün %0.3'lük diliminde yer almıştır(Müdürlüğü, 2016).

2016 yılına genel bir bakış attığımızda Güneş Enerjisi kurulu gücü 832,5MW olup bu değer 2015 yılı değerinin %335'i oranında artış göstererek toplam kurulu güç içerisindeki payını %1.1'lere yükseltmiştir; maliyetlerde yaşanan düşüşler önceki yıllarda olduğu gibi devam etmiştir. Haziran ayında ithalatta gözetim uygulaması başlatılmış olup bu durum yatırımcıları yerli panel kullanımına yöneltmiştir. Temmuz ayında ithal edilen güneş panellerine karşı Anti-Damping soruşturması açılmıştır.



Şekil 6:1970-2016 Yılları Kurulu Güç Değişimi

2019 yılında; 2017 yılında ihalesi yapılan ve Türkiye'nin en büyük GES santrali olması planlanan YEKA-1 projesi başlatılmıştır. Mayıs ayında çatı GES projelerini hızlandıracağı beklenen lisanssız elektrik yönetmeliği güncellendi. Projelerinin hayata geçirilmesi minimum 1.5-2 yıl sürecek olan YEKA-3 kapsamında önceki projelere nispeten daha düşük kapasiteli, Türkiye'nin yaklaşık 35-40 ilinde tesis edilmesi öngörülen ve yatırımcıların kendi imkânları ile süreçleri yöneteceği projenin ihale çalışmaları başladı.2019 yılı sonuna gelindiğinde Türkiye'deki elektrik enerjisi kurulu gücünün 90.448 MW değerine ulaştığı görülmüştür. Bu toplam gücün %48'i yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmakta olup genel dağılımı aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 2: Kaynağına Göre Kurulu Gücün Dağılımı 07-2019

No	Yenilenebilir Enerji kaynağı	Gücü miktarı	Güç birimi
1	Hidroelektrik (Baraj)	20.582	MW
2	Hidroelektrik (Akarsu)	7.842	MW
3	Rüzgâr	7.228	MW
4	Güneş	5.513	MW
5	Biyokütle	1.037	MW

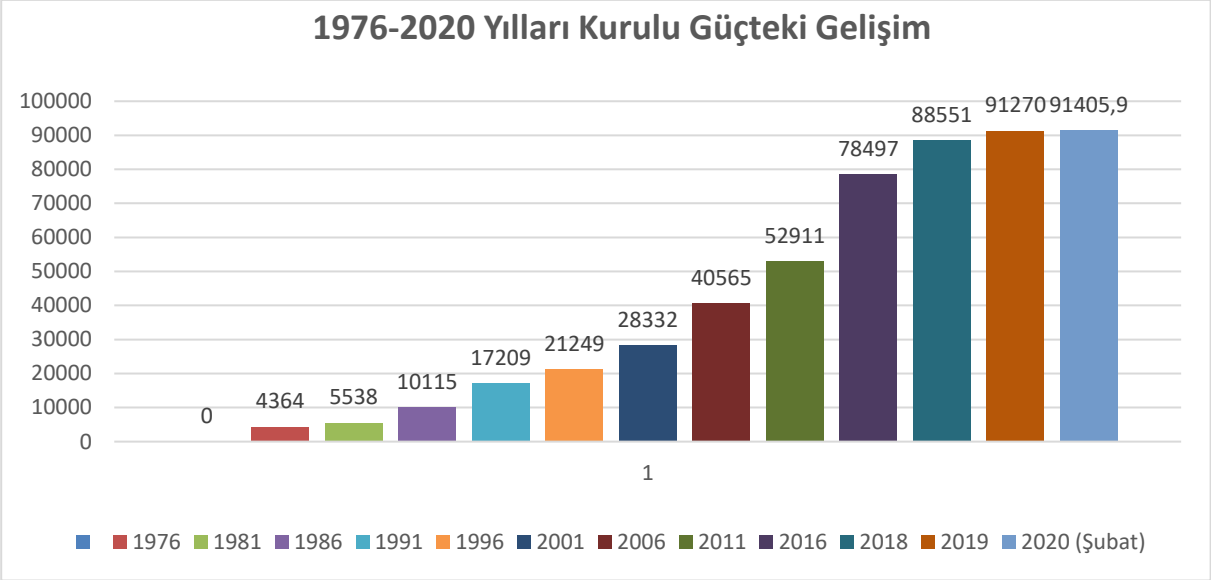
2020 yılının başlarında Şubat ayı verilerine göre toplam kurulu güç miktarı 91405,9MW'a ulaşmıştır. Bu kurulu güç içerisinde Güneş enerjisinin değeri ise 6058,2MW(%6,63)'lık bir değere karşılık gelmektedir. Yine bu aydaki lisanssız kurulu güç miktarı 6369,7MW olmakla birlikte bu toplam güç içerisinde kaynağına göre; termik 406,9MW, rüzgâr 70,8MW, akarsu 8,7MW ve güneş enerjisi 5880,3MW'lık dağılım görülmektedir.

Tablo 3:2020 Şubat Ayı Kurulu Gücü

ŞUBAT AYI 2020		%
AKARSU - HES	**7864,4**	8,60
RÜZGAR	**7646,5**	8,37
GÜNEŞ	**6058,2**	6,63
FUEL OİL - NAFTA - MOTORİN	**311,6**	0,34
TAŞ KÖMÜRÜ - LİNYİT - ASFALTİT	**11316,8**	12,38
İTHAL KÖMÜR	**8966,9**	9,81
DOĞALGAZ - LNG	**25898,7**	28,33
JEOTERMAL	**1515,7**	1,66
BİYOKÜTLE - ATIK ISI	**1181,4**	1,29
BARAJLI - HES	**20645,7**	22,59
TOPLAM (MW)	**91405,9**	100,00

Tablo 4: 1976-2020 Yılları Kurulu Güçteki Gelişim

No	Yıl	Kurulu güç miktarı	Birim
1	1976	4364	MW
2	1981	5538	MW
3	1986	10115	MW
4	1991	17209	MW
5	1996	21249	MW
6	2001	28332	MW
7	2006	40565	MW
8	2011	52911	MW
9	2016	78497	MW
10	2018	88551	MW
11	2019	91270	MW
12	2020(Şubat)	91405,9	MW



Şekil 7: 1976-2020 Yılları Kurulu Güçteki Gelişim

4.TÜRKİYE'NİN 2023 YILI YENİLENEBİLİR ENERJİ HEDEFLERİ

Türkiye'nin 2023 yenilenebilir enerji hedefleri arasında kurulu güç kapasitesini 2 kat arttırarak 5.4 GW'tan 10-10.5GW'a çıkarmak vardır. Bu artışın yaklaşık olarak 3GW'ı çatı GES sistemlerinden kalan 2 GW'nın ise arazi uygulamalarından karşılanması beklenmektedir. Bu hedefler doğrultusunda Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı'nca yayımlanan stratejik enerji planı çerçevesinde Türkiye'nin toplam kurulu güç içerisindeki yenilenebilir yerli enerji kaynaklı kurulu güç oranı %59 değerinden %65'lere çıkartılacağı planlanmaktadır.

Sonuç

Bu çalışmada Fotovoltaik Güneş Santralleri İle Şebeke Bağlantılı Elektrik Üretim Sistemlerinde Dünyadaki Ve Türkiye'deki Gelişmeleri incleyip görüldüğü gibi günden güne güneş enerjisinin teknolojisi artıyor aynı zamanda maliyeti günden güne düşüyor ve Türkiye'nin 2023 yenilenebilir enerji hedefleri arasında kurulu güç kapasitesini 2 kat arttırarak 5.4 GW'tan 10-10.5GW'a çıkarmak vardır.

Kaynaklar

ÇETİN, S., TURAN, E., and BAYRAKDAR, E. (2019), TÜRKİYENin GüneEnerjisi Politikalari,*3. Sektör SosyalEkonomiDergisi,* 54 (2),949–968.

GÜNDER DÜNYADA FV SEKTÖRÜN GELİŞİMİ, (2017), Available: https://www.fmo.org.tr/wp-content/uploads/2017/10/kutay-kaleli-3-pv calistayi.pdf.

Koç, A. (2018), Dünyada ve Türkiye ' de Enerji Görünümünün Genel Değerlendirilmesi General Evaluation of Energy Outlook in Turkey and the World, 59 (692), 84–112.

Kılıç, F. (2015), Güneş enerjisi, Türkiye'deki son durumu ve üretim teknolojileri, *Muhendis ve Makina,* 56 (671), 28–40.

De Paepe, A. et al. (2019), Yıllara Göre Kurulu Güç Değişimi, J. Chem. Inf. Model, 53 (9), 1689–1699.

Altuntop, N. Dünyada veTürkiye'De GüneEnerjisi İlgiliGelişmeler, *Mühendis ve Makina,* 54(639), 69–77.

Tüba, (2018), Tüba-güneş enerjisi teknolojileri raporu.

Müdürlüğü, G. (2016), Planlama VeStratejikYönetiDairesi BaşkanliğiTürkiyeElektriEnerjisi 5 YillikÜretimKapasite Projeksiyonu.

Cu ve Ni GÖMÜLÜ GRAFEN YÜZEYLER ÜZERİNDE MgH_2'NİN ADSORPSİYONU ve Mg-H BAĞ AKTİVASYONU

Aykan AKÇA
Aksaray Üniversitesi / Fen ve Edebiyat Fakültesi / Fizik Bölümü
aykanakca@aksaray.edu.tr

Onur KARAMAN
Akdeniz Üniversitesi / Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu / Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü
onurkaramanakdeniz.edu.tr

Özet
Bu makalede, (Bakır) Cu_g4x4 ve (Nikel) Ni_g4x4 gömülü grafen yüzeyler üzerinde MgH_2'nin bağlanma doğası ve Mg-H bağ aktivasyonu Yoğunluk fonksiyonel teorisi yoluyla araştırıldı. Öncelikle, optimize edilmiş grafen yüzeylerin bağ uzunlukları hesaplandı ve Bader yük analizi yürütüldü. Sonra, olası reaksiyon ara durumlarının en kararlı durum geometrileri ve onların parçalanmış konfigürasyonları elde edildi. MgH_2 parçalanma reaksiyonu için, olası reaksiyon durumlarının geçiş durum geometrileri ve ihtiyaç duyulan aktivasyon enerjileri the climbing image nudged elastic band (CINEB) metodu yoluyla hesaplandı. Bizim sonuçlarımız göstermiştir ki, her iki yüzey üzerinde MgH_2 parçalanması yüksek aktivasyon bariyerine sahip değildir. Dahası Cu gömülü grafen yüzeyi üzerinde elde edilmiş aktivasyon enerjileri Ni gömülü grafen yüzeye göre daha düşüktür. Bu bilgi Cu tabanlı katalizör araştırmaları ve teknolojileri için kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Ni-gömülü grafen, Cu-gömülü grafen, MgH_2 parçalanması, tek-atom katalizör.

THE BOND ACTIVATION Mg-H and ADSORPTION oF MgH_2 ON Cu and Ni EMBEDDED GRAPHENE SURFACES

Abstract
In this article, the nature of bonding of Magnesium hydride (MgH_2) and Mg-H bond activation on (Copper) Cu_g4x4 and (Nickel) Ni_g4x4 embedded graphene surfaces were investigated by Density-functional theory calculations. At First, the bond lengths of optimized surfaces were calculated and Bader load analysis was performed. Then, the most stable state geometries of the possible reaction intermediate state structures and their dissociated configurations on both surfaces were obtained. For the MgH_2 decomposition reaction, the transition state geometries of possible reaction states and the required activation energies were calculated by the climbing image nudged elastic band method (CINEB). Our results show that MgH_2 dissociation does not have a high energy barrier on both surface. Moreover, the activation barriers obtained on the Cu-embedded graphene surface are lower than on the Ni-embedded graphene surface. This information can be used for Cu-based catalyst research and technologies.

Keywords: Ni-embedded graphene, Cu-embedded graphene, MgH_2 decomposition, Single-atom catalysis.

1. GİRİŞ

Sanayi, endüstri alanları ve özelikle insanoğlunun ihtiyaç duyduğu enerjinin önemli bir kısmı fosil yakıtlardan sağlanmaktadır. Fosil yakıtlar karbon bazlı yakıtlardır ve onların yanma reaksiyonları sırasında doğaya ciddi miktarda zehirli gaz açığa çıkmaktadır. Bu nedenle enerji ile ilgili araştırmaların önemli bir kısmı alternatif enerji kaynakları üzerine odaklanmıştır Schlapbach, Züttel (2001). Alternatif enerji kaynakları arasında, hidrojen doğada oldukça bol bulunması ve yanma reaksiyonları sırasında elde edilen ürünlerin çevre ile dost olması sebebiyle ilk aday olarak gösterilmektedir. Ancak doğada hidrojen sadece %1 oranında moleküler formdadır ve hidrojenin önemli bir kısmı örneğin su ve diğer bileşiklere kimyasal bağlanma yoluyla bağlıdır (Edwards ve ark., 2014). Hidrojenin aktif bir şekilde kullanabilmesi için en temel zorluk onun güvenli ve etkin bir şekilde depolanabilmesidir. Hidrojen depolama sistemleri arasında MgH_2 (Magnezyum hidrür) hacimce 110 g/L ve ağırlıkça %7.6 oranında

hidrojen depolayabilme kapasitesi ve magnezyumun doğada oldukça bol bulunması ve düşük maliyetli olması sebebiyle dikkat çekmektedir. Ancak MgH_2'nin termodinamik ve kinetik özelliklerinden dolayı hidrojen salınımında yüksek sıcaklığa ihtiyaç duyulması, MgH_2'nin pratik uygulamalar için kullanımını sınırlamaktadır (Zhang ve ark., 2016). Bilimsel çalışmalar, metal ve metal katkılı alaşımların veya katalizörlerin MgH_2'den hidrojen salınımını artırmada etkili olduğunu göstermiştir. Jia ve ark. MgH_2'den hidrojen salınımında doyurulmamış karbon kullanımının Mg-H bağların parçalanmasında yüksek katalitik aktivite gösterdiğini bildirmişlerdir (Jia ve ar., 2013). Li ve ark. ince ve kalın Mg/MgH_2 nanoteller ve bulk Mg/MgH_2 sistemlerini termodinamik ve kinetik olarak incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlar göstermiştir ki hidrojen salınım enerjileri karşılaştırıldığında ince Mg/MgH_2 yapısının diğer sistemlere göre daha düşük salınım enerjisine sahip olduğunu gözlemlenmişlerdir (Li ve ark., 2007). Chen ve ark. gözenekli Ni nanofiber yapıların MgH_2'nin hidrojen depolama performansını geliştirdiğini bildirmişlerdir (Chen ve ark., 2015). Liu ve ark. iki bileşenli TiB_2 / GNS (grafen nano tabaka) katalizörünü sentezlemişler ve MgH_2'den hidrojen salınım performansı üzerine çalışmışlardır. Öncelikle bireysel TiB_2, grafen nano tabaka katalizörü ve TiB_2 / GNS nanopartiküllerin hidrojen salınım performanslarını araştırmışlardır. Onların sonuçları göstermiştir ki TiB_2 / GNS nano partiküllerin hidrojen salınım sıcaklığını düşürerek ve MgH_2'nin hidrojen salınım kinetiğini iyileştirerek daha aktif "katalitik alanlar" ve hidrojen "difüzyon kanalları" sağladığını gözlemlemişlerdir (Liu ve ark., 2014).

Son zamanlarda grafen sistemler üzerinde materyallerin hidrojen salınım performansları sıklıkla araştırılmaktadır. Grafen mekanik ve elektriksel özellikleri bakımından oldukça gelişmiş sistemlerdir ve katalizör araştırmalarında yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Bugüne kadar metal gömülü grafen sistemlerde üzerinde MgH_2'nin parçalanma reaksiyonu inceleyen çok az çalışma bulunmaktadır.

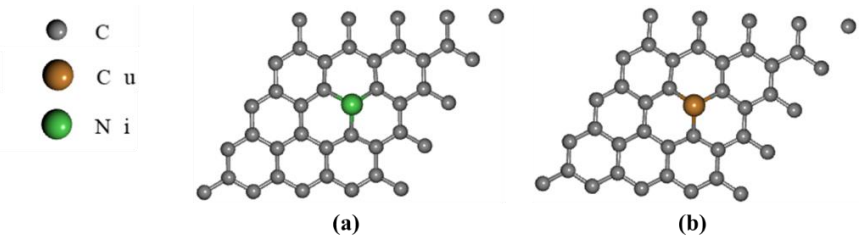
Bu çalışmada Ni ve Cu gömülü grafen yüzeyler üzerinde MgH_2'nin parçalanma reaksiyonu incelenmiştir. Öncelikle MgH_2'nin ardışık hidrojen salınımı için reaksiyon mekanizması önerilmiş ve hidrojen salınımı için ihtiyaç duyulan aktivasyon bariyerleri CINEB metodu yoluyla elde edilmiştir. Daha sonra Ni ve Cu gömülü grafen yüzeyler üzerinde MgH_2 parçalanması için bağıl enerji diyagramı elde edilerek sonuçlar birbiriyle karşılaştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada elde edilen tüm veriler Quantum Espresso 6.3 kodu ile yoğunluk fonksiyonel teorisinin kullanılması yoluyla hesaplandı (Giannozzi ve ark., 2017). Yüzeylerin optimizasyonu ve adsorpsiyon yapılar ile Ni ve Cu gömülü grafen yüzeyler arasındaki etkileşmelerin elektronik yapı analizleri için PAW (the projector augmented wave) potansiyeli kullanıldı (Kresse ve ark., 1999). Değiş tokuş korelasyon fonksiyoneli olarak GGA-PBE seçildi (Monkhorst ve ark., 1976). Tüm geometrik hesaplamalar boyunca düzlem dalga genişletmeleri (Cutoff) 80 Ry ve kinetik kesilim enerji terimi 800 Ry olarak alındı. Zayıf etkileşmeler ve/veya Wander valls etkisini gözetmek için Grimme-D2 terimi sistem içerisinde tanımlandı (Grimm eve ark., 2010). Geometrik optimizasyon boyunca kuvvet ve enerji yakınsama kriterleri sırasıyla $1x10^{-5}$ Ry/atom ve $1x10^{-6}$ Ry/atom alındı. Yüzey hesaplamaları için 3×3×1 k-nokta seti seçildi. Reaksiyona giren, reaksiyon sonunda oluşan ve reaksiyon ara durumlarının gaz fazında optimizasyonları için boyut uzunluğu 15 Å olan küre kullanıldı.

2.1. Yüzey Modeli

Grafen, yapısındaki herhangi bir karbon (C) atomun kendisine en yakın komşu üç karbon atomu ile etkileşmesi sonucu elde edilmektedir. Bu çalışma için, 32 karbon atomundan oluşan 4×4 grafen tabakası oluşturuldu. Grafen tabakası optimize edildiğinde en yakın C-C arasındaki bağ mesafesi 1.42 Å bulundu. Bu değer literatür sonuçları ile tamamen uyumludur (Zhang ve ark., 2018). Metal gömülü grafen sistemler, bozulmamış grafen tabakasının merkezinde bulunan karbon atomunun çıkarılıp yerine metal atomunun inşa edilmesi yoluyla oluşturulmaktadır. Şekil 1'de Ni ve Cu gömülü grafen sistemler gösterilmiştir.



Şekil 1. (a) Ni gömülü grafen ve (b) Cu gömülü grafen yüzeylerinin üstten görünüşü (koyu gri renkler karbon atomlarını, yeşil renk nikel atomunu ve turuncu renk bakır atomunu temsil etmektedir).

Grafen yüzeyler optimize edildiğinde hesaplanan bazı fiziksel parametreler Tablo 1'de verilmiştir. Ayrıca elde edilen tüm değerler literatür ile uyumludur (Krasheninnikov ve ark., 2009).

Tablo 1. Optimize edilmiş Ni ve Cu gömülü grafen yüzeyler için çeşitli fiziksel parametreler (M= Ni ve Cu metalini göstermektedir).

Parametreler	Bağ uzunluğu (Å) (M-C)	Manyetik moment (μ_B)
Ni	1.78	0
Cu	1.88	1.4

Grafen yüzeyler ile etkileşen atomik veya moleküler yapıların adsorpsiyon enerjisi ($\mathbf{E_{ads}}$) denklem (1) yoluyla hesaplanmaktadır.

$$\mathbf{E_{ads}} = E_{adsorbad/grafenyüzey} - (E_{adsorbad} + E_{grafenyüzey}) \quad (1)$$

Burada, $E_{adsorbad/grafenyüzey}$ = Grafen yüzeyi ile etkileşen atomik veya moleküler yapıların toplam enerjisi, $E_{adsorbad}$ = Atomik veya moleküler yapıların gaz fazındaki toplam enerjisi, $E_{grafenyüzey}$ = Ni veya Cu gömülü grafen tabakasının toplam enerjisini göstermektedir.

3. SONUÇ

MgH_2 parçalanması için en yaygın beklenti Mg atomuna bağlı iki hidrojen atomu ve Mg-H arasındaki bağların parçalanmasıdır. Reaksiyon mekanizması Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. MgH_2 ardışık parçalanma reaksiyon adımları

Reaksiyon adımı	Reaksiyon yolu
1	$MgH_2 \rightarrow MgH+H$
2	$MgH \rightarrow Mg+H$

Bu çalışmada MgH_2 parçalanması için geçiş durumları climbing image nudged elastic band (CINEB) metodu kullanılarak araştırıldı. CINEB metodu reaksiyon adımları için aktivasyon enerjisinin hesaplanmasına izin vermektedir.

Aktivasyon enerjisi (E_A) ve reaksiyon enerjisi (E_R) sırasıyla denklem (2) ve denklem (3) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$E_A = E_{GD} - E_{İD} \quad (2)$$
$$E_R = E_{İD} - E_{SD} \quad (3)$$

Burada $E_{İD}$ ve E_{SD} = Ni ve Cu gömülü grafen yüzeylere adsorplanmış sırasıyla ilk durum ve son durum türlerinin toplam enerjileridir. E_{GD}, ilk ve son durum arasındaki geçiş durum (GD) enerjisidir.

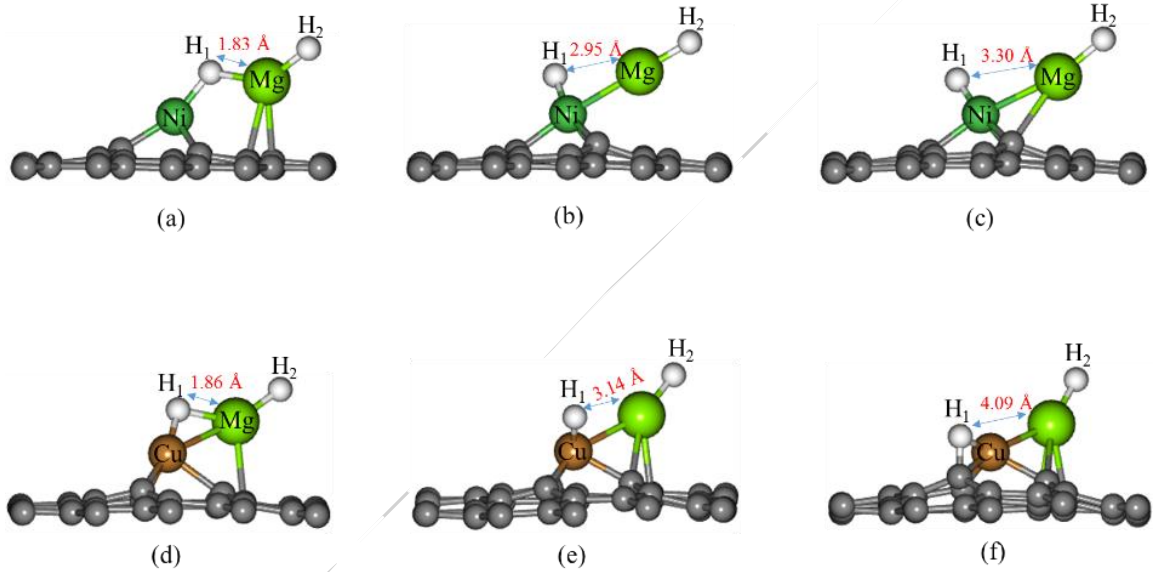
3.1. $MgH_2 \rightarrow MgH + H$ reaksiyon adımı için geçiş durum analizi

MgH_2 molekülün her iki grafen yüzey üzerinde optimize edilmiş adsorpsiyon geometrileri Şekil 2a-2d'de gösterilmiştir. Adsorpsiyon süreci boyunca MgH_2 molekülü grafen yüzeyler üzerinde moleküler yapısını korumaktadır. MgH_2 için bazı önemli parametreler Tablo 3'de verilmiştir.

Table-3. Her iki grafen yüzey üzerinde MgH_2'nin optimize edilmiş bağ uzunlukları ve adsorpsiyon enerjileri (M= Ni ve Cu)

Bağ tipi	Ni gömülü grafen, **(Å)**	Cu gömülü grafen, **(Å)**
Mg-H1	1.95	1.94
Mg_H2	1.70	1.70
Mg-M	2.50	2.47
	Ni, Eads, (eV)	**Co, Eads, (eV)**
MgH_2	-1.89	-2.05

MgH_2 için Ni gömülü grafen (NiG) ve Cu gömülü grafen (CuG) yüzey üzerinde elde edilen adsorpsiyon enerjileri sırasıyla -1.89 eV ve -2.05 eV hesaplanmıştır. $MgH_2 \rightarrow MgH + H$ parçalanma reaksiyonu için başlangıç, geçiş ve son durum geometrileri Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Ni ve Cu gömülü grafen yüzeyler üzerinde $MgH_2 \rightarrow MgH + H$ reaksiyon adımının başlangıç, geçiş ve son durum geometrilerinin yandan görünüşü

Birinci reaksiyon adımı için, Şekil 2a ve 2d başlangıç durum geometrilerini ve Şekil 2c-2f son durum geometrilerini göstermektedir. Şekil 2b-2e başlangıç ve son durum arasındaki geçiş durum geometrilerini göstermektedir. Geçiş durumunda, magnezyum atomuna bağlı H1 atomunun Ni ve Cu atomuna doğru hareket ettiği görülmektedir. NiG ve CuG yüzeyler üzerinde Mg-H1 arasındaki mesafe sırasıyla 2.95 Å ve 3.14 Å'dur. Son durum geometrilerine bakıldığında bu mesafenin NiG için 3.30 Å ve CuG için 4.09 Å kadar uzadığı görülmektedir. Birinci reaksiyon adımı için hesaplanan aktivasyon ve reaksiyon enerjileri Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. MgH_2 ardışık parçalanma reaksiyonu için olası reaksiyon yolu ve hesaplanmış aktivasyon ve reaksiyon enerjileri

	Aktivasyon enerjisi (E_a, eV)		Reaksiyon enerjisi (E_r, eV)	
	NiG	CuG	NiG	CuG
$MgH_2 \rightarrow MgH+H$	0.84	0.73	0.05	0.27
$Mg \rightarrow Mg+H$	0.40	0.35	0.51	0.34

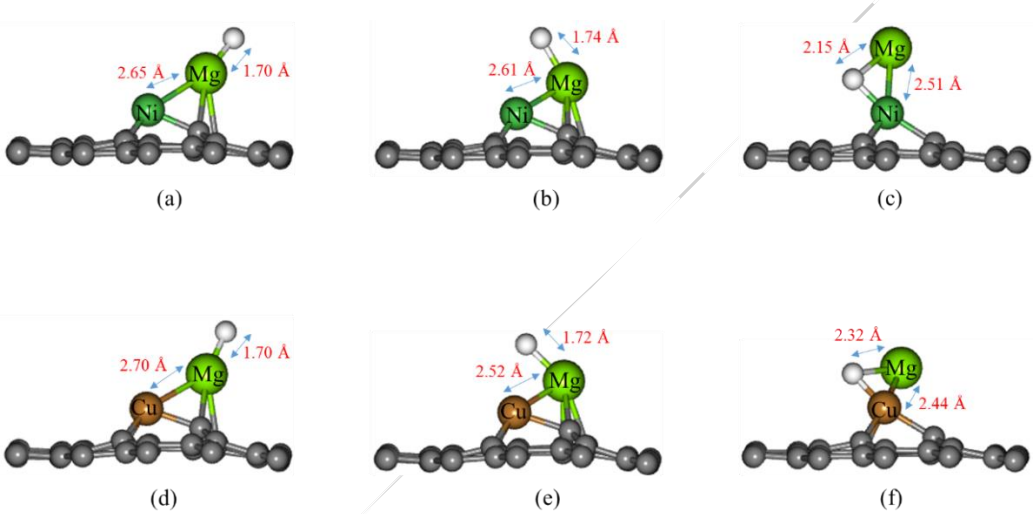
Reaksiyon enerjilerinin pozitif değerleri bu reaksiyon adımının her iki grafen yüzey üzerinde endotermik olarak gerçekleştiğini göstermektedir.

3.1. MgH → Mg + H reaksiyon adımı için geçiş durum analizi

Reaksiyon mekanizmasının son adımı magnezyum atomuna bağlı son hidrojenin yapıdan koparılmasıdır. MgH molekülünün her iki grafen yüzeyi üzerindeki en kararlı adsorpsiyon geometrileri Şekil 3a-3d'de gösterilmiştir. MgH molekülü için bağ uzunlukları ve adsorpsiyon enerjileri Tablo 5'de verilmiştir.

Table-5. Her iki grafen yüzey üzerinde MgH'nin optimize edilmiş bağ uzunlukları ve adsorpsiyon enerjileri (M= Ni ve Cu)

Bağ tipi	Ni gömülü grafen, **(Å)**	Cu gömülü grafen, **(Å)**
Mg-H	1.70	1.70
Mg-M	2.65	2.70
	Ni, Eads, (eV)	**Co, Eads, (eV)**
MgH	-1.62	-2.12

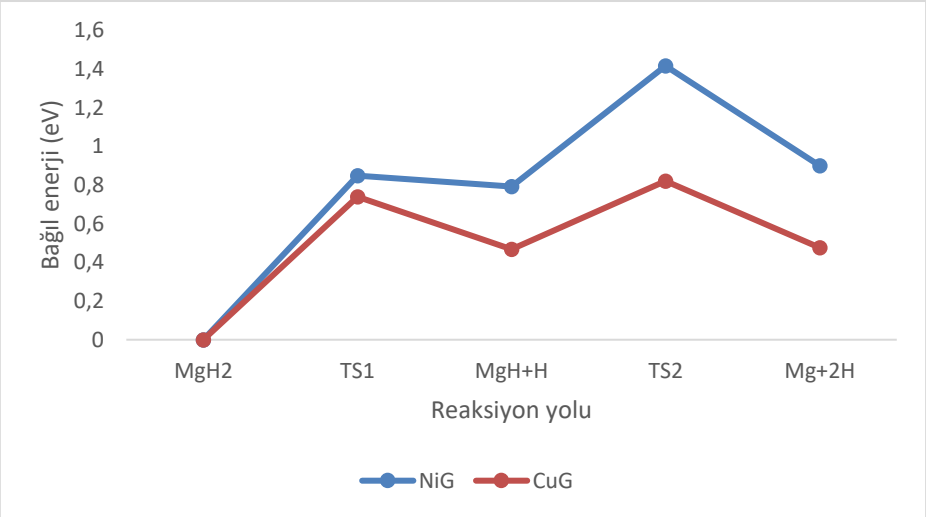


Şekil 3. Ni ve Cu gömülü grafen yüzeyler üzerinde MgH → Mg + H reaksiyon adımının başlangıç, geçiş ve son durum geometrilerinin yandan görünüşü

MgH parçalanması için, Şekil 3a-3d başlangıç geometrilerini ve Şekil 3c-3f son durum geometrilerini göstermektedir. Başlangıç ve son durum arasındaki geçiş durumları Şekil 3b-3e'de verilmiştir. MgH molekülü grafen yüzeylere Ni ve Cu atomları tarafından bağlanmaktadır. Bu durumda Mg-H arasındaki bağ uzunluğu her yüzey için 1.70 Å bulundu. Geçiş durumunda, hidrojen atomunun Ni ve Cu atomlarına doğru hareket ettiği görülmektedir. NiG ve CuG yüzeyler için Mg-H bağ uzunluğu sırasıyla 1.74 Å ve 1.72 Å hesaplandı. Son durum geometrisinde ise bu uzunluğun NiG için 2.15 Å ve CuG için 2.32 Å kadar uzadığı görülmektedir.

Bizim hesaplamalarımıza göre, Ni ve Cu gömülü grafen yüzeyler üzerinde MgH → Mg + H reaksiyonun aktivasyon enerjisi sırasıyla 0.40 eV ve 0.35 eV hesaplandı. Dahası hesaplanan reaksiyon enerjileri son reaksiyon adımının her iki grafen yüzey üzerinde endotermik olarak gerçekleştiğini göstermektedir.

Farklı bakış açısı getirmek amacıyla, genel reaksiyon enerji diyagramı (RED) Şekil 4. gösterilmiştir. RED'e göre, MgH_2 parçalanması, magnezyum atomuna bağlı birinci hidrojen atomunun parçalanması ile başlamaktadır. Bu reaksiyon adımında MgH_2 molekülü MgH ve H atomuna parçalanmaktadır. MgH oluşum yolunda MgH moleküler yapısını korur iken H atomu geçiş metaller Ni ve Cu atomlarına bağlanmayı tercih etmektedir.



Şekil 4. MgH_2 parçalanmasının bağıl enerji diyagramı.

Son reaksiyon adımı, her iki grafen yüzey üzerinde tamamen magnezyum atomunun elde edilmesine yönelik geçiş durumlarını gösterir. Burada metal grafen yüzeylere adsorbe olmuş MgH geçiş durumundan sonra moleküler yapısını kaybetmektedir. Ni ve Cu grafen yüzey üzerinde MgH → Mg + H reaksiyonun aktivasyon enerjisi sırasıyla 1.41 eV ve 0.82 eV hesaplanmıştır. Ayrıca her iki grafen yüzey üzerinde son reaksiyon adımı endotermik olarak gerçekleşmektedir.

Bu sonuçlar göstermektedir ki, MgH_2 parçalanması üzerinde Cu gömülü grafen yüzey lehine ciddi bir seçicilik vardır. Cu1/G31 grafen tabakasının belirgin bir seçiciliğe sahip olması, onu diğer grafen yüzeye göre yüksek katalitik aktivite gösteren bir katalizör haline getirir.

4. TARTIŞMA

Bu makalede, Ni ve Cu gömülü grafen tabakalar üzerinde hidrojen salınım yolları ve MgH_2 parçalanması araştırılmıştır. Her iki grafen yüzey üzerinde MgH_2 molekülü ve diğer olası atomik ve moleküler yapıların en kararlı durum geometrileri elde edildi. Cu gömülü grafen yüzey üzerinde MgH_2, MgH, Mg ve H yapılarının, Ni gömülü grafen yüzey üzerinde elde edilen sonuçlar ile karşılaştırıldığında daha düşük adsorpsiyon enerjisi ile bağlandığı bulundu. MgH_2→MgH+H ve MgH→Mg+H parçalanma reaksiyonları için geçiş durumları ve aktivasyon enerjileri the climbing image nudged elastic band (CINEB) metodu yoluyla araştırıldı. Bizim sonuçlarımız göstermiştir ki, Cu gömülü grafen yüzeyin Ni gömülü grafen yüzeye göre daha yüksek katalitik aktiviteye sahip olduğu hesaplandı. Son olarak MgH parçalanma adımının her iki grafen yüzey üzerinde hız belirleyici reaksiyon adımı olduğu anlaşıldı.

TEŞEKKÜR

Bu yazıda bildirilen sayısal hesaplamalar TÜBİTAK ULAKBİM, yüksek performans ve hesaplama sistem merkezinde (TRUBA kaynakları) gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKLAR

Chen, J. 2015, Porous Ni Nanofibers with Enhanced Catalytic Effect on The Hydrogen Storage Performance Of MgH2, *Journal of Materials Chemistry A*, 3(31), 15843-15848.

Edwards, P.P, 2008, Hydrogen and Fuel Cells: Towards a Sustainable Energy Future. *Energy policy*, 36(12), 4356-4362.

Giannozzi, P. 2017, Advanced Capabilities for Materials Modelling with Quantum ESPRESSO. *J Phys Condens Matter*, 29(46), 465901.

Grimme, S. 2010, A Consistent and Accurate ab Initio Parametrization of Density Functional Dispersion Correction (DFT-D) For The 94 Elements H-Pu, *J Chem Phys*, 132(15), 154104.

Jia, Y. 2013, Destabilization of Mg–H Bonding through Nano-Interfacial Confinement By Unsaturated Carbon For Hydrogen Desorption From MgH2, *Physical Chemistry Chemical Physics*, 15(16), 5814-5820.

Krasheninnikov, A. 2009, Embedding Transition-Metal Atoms in Graphene: Structure, Bonding, and Magnetism, *Physical review letters*, 102(12), 126807.

Kresse, G. 1999, From Ultrasoft Pseudopotentials to the Projector Augmented-Wave Method. *Physical Rev B*, 59(3), 1758.

Li, W. 2007, Magnesium Nanowires: Enhanced Kinetics For Hydrogen Absorption and Desorption. *Journal of the American Chemical Society*, 129(21), 6710-6711.

Liu, G. 2014, Solid-State Synthesis of Amorphous TiB2 Nanoparticles on Graphene Nanosheets with Enhanced Catalytic Dehydrogenation of MgH2. *International journal of hydrogen energy*, 39(8), 3822-3829.

Monkhorst, HJ. 1976, Special Points For Brillouin-Zone İntegrations. *Phys Rev B*, 13(12), 5188.

Schlapbach, L. 2011, Hydrogen-Storage Materials For Mobile Applications. *In Materials for sustainable energy: a collection of peer-reviewed research and review articles from nature publishing group*, 265-270.

Zhang, W. 2018, Hydrogen Adatom Interaction on Graphene: A first principles study. *Carbon*, 131, 137-141.

3B YAZICI KULLANARAK MEKANİK PARMAK PROTEZİ TASARIMI VE ÜRETİMİ

Çağatay TAŞDEMİRCİ
Kocaeli Üniversitesi / Teknoloi Fakültesi / Biyomedikal Mühendisliği Bölümü
tasdemircicagatay@gmail.com

Arif ÖZKAN
Kocaeli Üniversitesi / Teknoloi Fakültesi / Biyomedikal Mühendisliği Bölümü
arif.ozkan@kocaeli.edu.tr

Özet
Antropomorfik robot ellerin gelişimi, robotik alanındaki en önemli konulardan biridir. İnsan elinin tipik fonksiyonlarının ve şekillerinin uygulanmasına yönelik çok sayıda araştırma yapılmıştır. Fakat geliştirilen modeller halan insan parmaklarının incelik ve hızlı hareketini, hafif yapısı ve yüksek kavrama kuvveti gibi genel özelliklerini kopyalamaktan uzaktır. 3B yazıcılar, teknolojisinin de gelişmesi ile farklı tipte malzemeler kullanabilme, hızlı ve hassas çıktılar alabilme imkanı sağlamakta, protez çalışmalarda sıklıkla tercih edilen çözüm aracı olmaktadır.

Bu çalışmada insan iskelet sistemine anatomik olarak oldukça yakın, mekanik ve hareket özellikleriyle insan el ve parmak sistemini taklit edebilecek parmak protezi tasarımı ve üretimi gerçekleştirilmiştir. Yapılan tasarım ile ucuz, üretimi kolay, sürdürülebilir, kolay uygulanabilir ve insan el fonksiyonlarına yakın parmak protezi tasarlanmıştır. Protez cerrahi operasyon gerektirmeden uygulanabilmekte olup, parmak kaybı yaşayan kişilerde kullanılması amaçlanmıştır. Ayrıca modelin hızlı üretilebilir ve düşük maliyetli oluşu, kişiye özel protez tasarımına da olanak sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: 3B Yazıcı, parmak protezi, faydalı model tasarımı, kişiye özel protez

Abstract
The development of anthropomorphic robot hands is one of the most important topics in robotics. A lot of research has been done on the application of the typical functions and shapes of the human hand. However, the developed models are still far from imitating the general features of human finger movements such as movement speed, light structure and high grip strength. 3D printers, with the development of technology, provide the opportunity to use different types of materials, to get fast and precise printouts, and are often the preferred solution tool in prosthetic work.

In this study, the finger prosthesis was designed and produced which is anatomically very close to the human skeletal system and can imitate the human hand and finger system with its mechanical and movement features. With the design, a finger prosthesis that is inexpensive, easy to manufacture, sustainable, easily applicable and close to human hand functions has been designed. The prosthesis can be applied without the need for surgical operation and is intended to be used in people who have finger loss. In addition, the fast and low cost of the model allows for personalized prosthesis design.

Key Words: 3D Printer, finger prosthesis, utility model design, personal prosthesis

Giriş

Protez çeşitleri

Parmak protezleri, çalıştırma mekanizmaları açısından üç tipte sınıflandırılır. İşlevsel olmayan protezler, harici güçle çalışan protezler ve vücut gücüyle çalışan protezler. İşlevsel olmayan protezler genellikle amputenin estetik kısmını tamamlamak için yumuşak malzemelerden yapılmıştır. Harici güçle çalışan protezler, aktüatör kullanan sistemlerdir. Protez parmakları harici bir güç kaynağı veya pil ile hareket ettirilir. Vücut gücüyle çalışan protezler kaslar yardımıyla hareket ettirilir. Harici bir aktüatöre gereksinim yoktur [1, 2]. Protez çeşitleri Şekil 1.'de görülmektedir.

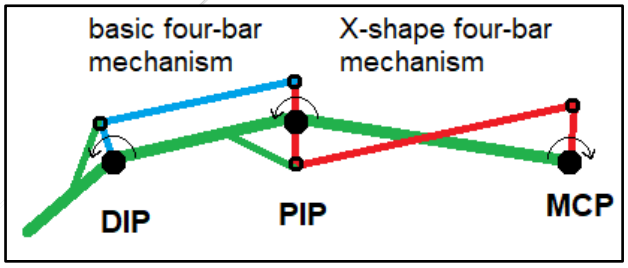


Şekil 1. Protez Çeşitleri

Protez Hareket Yöntemleri

Protezler link ve tendon bağlantılarla hareket ettirilebilirler. Link bağlantı; birbirine bağlı barların hareketi farklı oranlarda iletmesi ile sağlanırken, tendon bağlantı; kablo sisteminin boyunun değiştirilmesiyle elde edilir. Tendon hareket sistemi insan anatomisine daha yakın bir sistem olup robotik sistemlerde daha fazla tercih edildiği görülmüştür.

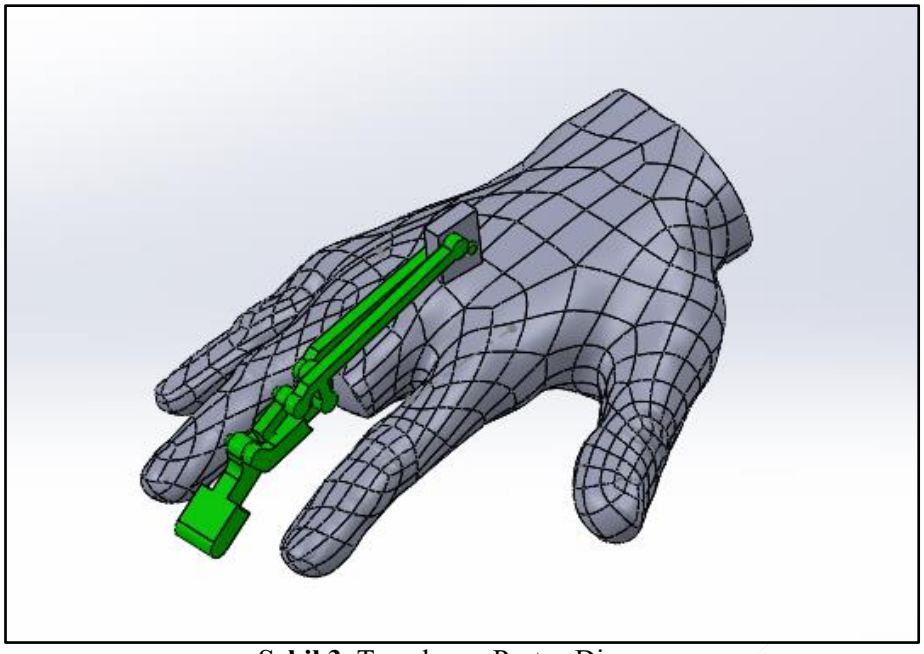
Link sistemlerde eklem rotasyonları sabit olacağından, sistemin açılıp kapanmasında rotasyon oranları varsayımı yapılmalıdır. Farklı çaplardaki cisimlerin kavranmasında parmaklar farklı hareket edeceğinden optimum kavrama için ideal sistem tasarlanmalıdır. Link bağlantılar hareketin aktarımı açısından Basit yada Normal Link Bağlantı (Basic four bar mechanism) ve çapraz bağlantı (X shape four bar mechanism) iki tipde incelenebilir. Link bağlantı sistemleri Şekil 2.'de verilmiştir. Burada distal ve orta falanks kemiği arasındaki eklem DIP, orta ve proksimal falanks kemiği arasındaki eklem PIP, proksimal falanks ve metakarpal kemik arasındaki eklemde MCP olarak gösterilmiştir [3].



Şekil 2. Link Bağlantı Yöntemleri

Materyal Metot

Bu çalışmada link bağlantılı hareket sistemi kullanılarak, vücut gücü ile çalışan protez tasarımı yapılmıştır. Tasarım Solidworks ortamında yapılmıştır. Tasarlanan protez ve el modeli Solidworks montaj sekmesinde birleştirilerek boyut ve hareket kabiliyeti analizleri yapılmıştır. Protez tasarımı Şekil 3.'de verilmiştir.



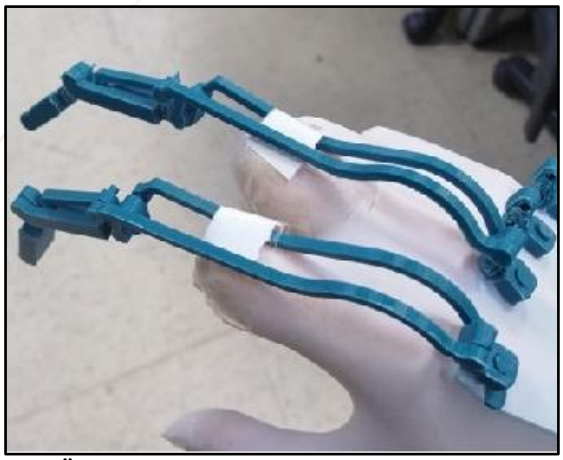
Şekil 3. Tasarlanan Protez Dizaynı

Protezin eklem hareketleri 2cm çapındaki silindiri kavrayacak şekilde tasarlanmıştır.

Protezin üretiminde 3B Yazıcı kullanılmıştır. Malzeme olarak PLA malzeme seçilmiştir. PLA malzeme basma kolaylığı ve erişilebilirliği ile ön plana çıkan biyouyumlu bir malzemedir.

Sonuçlar

Yapılan çalışma ile ekonomik, kolay üretilebilen, sürdürülebilir ve kolayca uygulanabilir protez tasarlanmış ve üretilmiştir. Protezin uygulamasında cerrahi operasyon gerektirmemesi çok büyük bir avantaj olarak görülmektedir. Protez 4 parmak ilavesi imkanı sağlamaktadır. Ayrıca montaj kolaylığı sayesinde aşınan yada hasara uğrayan parçalar kolayca değiştirile bilmektedir. Protezin el üzerine uygulaması Şekil 4'de görülmektedir.



Şekil 4. Üretilen protezin, el ürerine monte edilmiş hali

Protezin üretiminde PLA malzeme kullanılmıştır. Bu malzeme kolayca erişilebilir ve biyouyumludur. FDM 3B yazıcı kullanılması uygulamayı erişilebilir ve ekonomik yapmaktadır.

Tartışma

Üretimde kullanılan PLA malzeme erişim ve yazım kolaylığı açısından öne çıkmaktadır. Fakat malzeme 40^0 C'den sonra yumuşamaya başlaması kullanım açısından sorun teşkil edebilmektedir. Farklı malzemeler ve üretim teknikleri kullanılmasının bu sorunu ortadan kaldırabileceği öngörülmektedir.

Protezin hareketlendirilebilmesi için proksimal falaks kemiğine ihtiyaç vardır. Dolayısıyla protez, tam parmak kaybı yaşayan kişilerin kullanımına uygun değildir.

Parmak protezi konusunda yapılan çalışmaların büyük çoğunluğu el hareketlerinin taklit edilebilmesi konusuna ağırlık verdiği görülmektedir [5, 6]. Bu çalışmada kullanıcı uyumu, üretim kolaylığı ve maliyet konuları da dikkate alınmış, kolay üretilebilen, sürdürülebilir, ekonomik parmak protezi tasarım ve üretimi yapılmıştır.

Referanslar

[1] Zuo KJ, Olson JL (2014) The Evolution of Functional Hand Replacement: From Iron Prostheses to Hand Transplantation, The Canadian journal of plastic surgery, Journal Canadien de Chirurgie Plastique 22(1):44-51

[2] Wu L, Ceccarelli M (2009) a Numerical Simulation for Design and Operation of an Underactuated Finger Mechanism for LARM Hand, Chinese Journal Of Mechanical Engineering, 22(4):86-112

[3] Licheng W, Yanxuan K, Xiali L (2016) a Fully Rotational Joint Underactuated Finger Mechanism and Its Kinematics Analysis, International Journal of Advanced Robotic Systems

[4] Dalley SA, Varol HA, Goldfarb M (2012) a Method For The Control Of Multigrasp Myoelectric Prosthetic Hands, IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng., 20(1):58–67.

[5] Romero RC, Machado AA, Costa KA, Reis PHRG, Brito PP, Vimieiro CBS (2020) Development of a Passive Prosthetic Hand That Restores Finger Movements Made by Additive Manufacturing, Recent Advances in Assistive Robots, 10(12):41-48.

[6] Carrozza MC, Cappiello G, Micera S, Edin (2020) Design of a Cybernetic Hand for Perception and Action, Design of a Cybernetic Hand for Perception and Action, 95(6):629-644.

MOBİL UYGULAMA KONTROLLÜ AKILLI HASTA ODASI TASARIMI

Şafak CAFER*, Özlem OKYAR[*], Mehmet Koray ATEŞ[*], Mert KIRAN[*], Çağatay TAŞDEMİRCİ[*], Arif ÖZKAN[*]

[*]Kocaeli Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Biyomedikal Mühendisliği Bölümü
tasdemircicagatay@gmail.com

Özet
Teknolojinin ilerlemesi hastaların konforlu ve bağımsız bir hayat sürdürebilmesine imkân sağlamıştır. Günlük ihtiyaçların uzaktan kontrolle sağlanabilmesi, uzaktan erişimle biyolojik ölçüm ve sonuçlara erişilebilmesi özellikle bağımsız hareket edemeyen hastaların daha özgür ve konforlu hayat sürmelerine imkân tanımaktadır.

Bu çalışmada, hasta insanların kendi yaşam alanlarında bakımına yardımcı olan, kişisel bağımsızlığa ve sağlığın takip edilmesine olanak sağlayan akıllı hasta odası modeli tasarlanmış ve prototipi yapılmıştır. Arduino kullanarak RemoteXY Bluetooth yapılandırmasıyla mobil uygulama üzerinden kontrol edilebilen akıllı hasta odasında, hasta yatağı kontrolü (Yatak konum ayarı, ısıtma-soğutma sistemi ve masaj seçeneği), oda iklimlendirmesi ve aydınlatmasının yanında pencere-perde kontrolleri sağlanmıştır. Bu uygulama, sıcaklık ve nabız gibi sağlık bilgileriyle birlikte farklı sağlık bilgileri de entegre edilmeye elverişlidir. Ayrıca acil durumlarda kullanılmak üzere bir acil durum butonuna da bu uygulama üzerinde yer verilmiştir. Smart home konseptinin özelleşmiş bir versiyonu olan akıllı hasta odası, hastaların kendi evlerinde minimum yardım alarak yaşamlarını devam ettirmesine olanak sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Akıllı Hasta Odası, Hasta Yatağı, Arduino, RemoteXY

Abstract
The advancement of technology has enabled patients to lead a comfortable and independent life. The ability to provide daily needs with remote control, access to biological measurements and results with remote access allow patients who cannot act independently to lead a more free and comfortable life.

In this study, a smart patient room model that helps sick people care in their own living spaces, enables personal independence and health monitoring, was designed and prototyped. In the smart patient room, which can be controlled via a mobile application with RemoteXY Bluetooth configuration using Arduino, patient bed control (bed position adjustment, heating-cooling system and massage option), room air conditioning and lighting as well as window-curtain controls were provided. This app is convenient to integrate health information such as temperature and heart rate as well as different health information. In addition, an emergency button for use in emergency situations is also included in this application. The smart patient room, which is a specialized version of the smart home concept, allows patients to continue their lives with minimum assistance in their own homes.

Keywords: Smart Patient Room, Patient Bed, Arduino, RemoteXY

1.Giriş

Her geçen gün teknolojinin gelişmesiyle birçok alanda yenilikler ortaya çıkarak insan hayatını kolaylaştırmaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle cep telefonları üzerinde büyük yenilikler ortaya çıkmaktadır. İnsanlarında bu teknolojiye çok hızlı şekilde uyum sağlamakta ve bununla birlikte evlerde cep telefonun içerdiği mobil uygulamalar ile kontrol edilebilen akıllı cihazların sayısı gittikçe artmaktadır (İnal Kâmil, Akcayol M. Ali,2009). Bu tasarım özellikle bağımsız hareket edemeyen hastaların daha özgür ve konforlu hayat sürmeleri için yapılmıştır (Tezel Elçin,2015). Fakat gündemde olan pandemi dönemi içinde faydalı olacağı düşünülmektedir.

Hasta sayılarının hastane kapasitesini geçtiği bu dönemde hastalar evlerinde tedavi edilmektedir. Kimseyle temasta bulunulmaması gereken bu karantina döneminde akıllı hasta odası sayesinde hastalar

kimseye ihtiyaç duymadan bu süreci tamamlayacaklardır. Evde tedavi gören hasta sayısın da çok olduğundan sağlık çalışanları sürekli kontrol etmek için yanlarına gitme şansları olmamaktadır bunların yanında da yatalak olan hastaların hareket edememesinden dolayı vücuttun da yatak yarası, eklemlerde kireçlenme gibi birçok hastalıklar ortaya çıkmaktadır (Yılmaz Mesut, Sametoğlu Fettah, Akmeşe Gülden, Tak Aslıhan, Yağbasan Belma, Gökçay Serkan, Saglam Mustafa, Doganyılmaz Derya, Erdem Simge,2010). Buda hastanın hastalığının yanında başka hastalıklar oluşmasıyla iyileşme sürecini uzatmaktadır.

Smart home konseptinden ilham alınarak tasarlanan mobil uygulama kontrollü akıllı hasta odası hastaların yardım almadan veya minimum seviyede yardım alarak bu süreci kendi evlerinde konforlu bir şekilde tamamlamalarına olanak sağlayacaktır. Bu tasarım özellikle bağımsız hareket edemeyen hastaların daha özgür ve konforlu hayat sürmeleri için yapılmıştır ve bunun yanında hastanın sağlık verilerini de sağlık çalışanları uzaktan takip edebilmesini sağlayarak hastaların sürekli takibi ve herhangi bir olumsuzlukta sağlık çalışanlarının anında bilgi verilmesini sağlamaktadır.

2.Tasarımı

2.1 Mobil uygulama

Mobil cihazlar (Akıllı telefon veya Tablet) ile Arduino kartları arasında kablosuz iletişim sağlayarak sensörlerden veri okuma veya bir cihazı kontrol etmek için kendi mobil cihaz arayüzünüzü tasarlayabilmenizi sağlayan ve programlaması kolay ve anlasılır olan RemoteXY mobil uygulamasını tercih edildi(Çakır Mustafa, Oral Okan,2018). Projede arduino mega kullanarak RemoteXY mobil uygulaması ile akıllı hasta odası için arayüz oluşturuldu. Bu ara yüzün anasayfasında sağlık verileri, yatak ayarları, oda kontrolü, masaj seçeneklerinin yanında acil durumlarda kullanılmak üzere acil durum butonu bulunmaktadır(Şekil1).

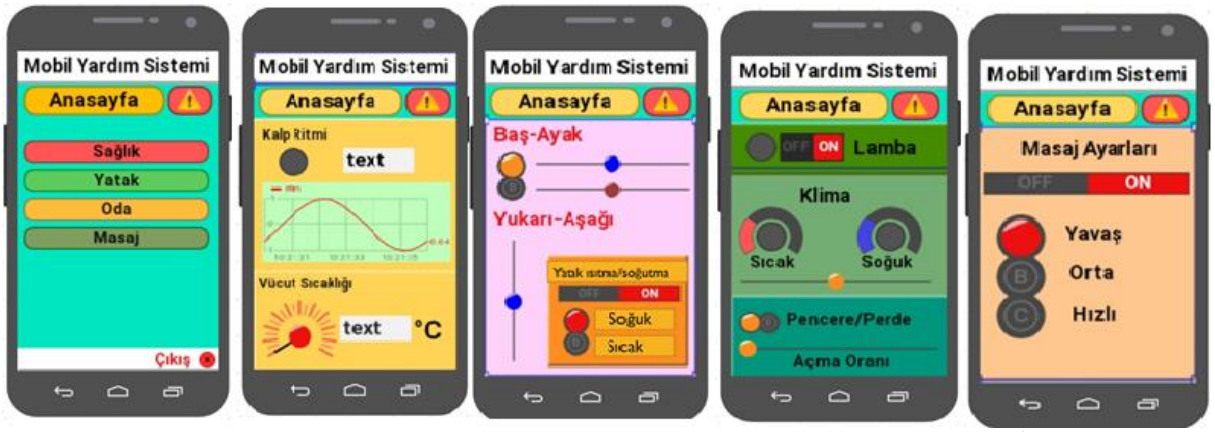
Mobil uygulamanın sağlık butonuna basıldığında ekranda kalp ritmi ve vücut sıcaklığı görünmektedir. Burada hastanın kalp ritmi ve vücut sıcaklığı verileri görünecek ve buna ek olarak SpO2 veya diğer sağlık verileri de eklemeye acık bir mobil uygulamadır. Hastanın vücut sıcaklığı normal seviyelerden yüksek veya düşük olduğu durumlarda hastanın yakınına acil uyarı mesajı gönderecektir. Hastanın kalp ritminin de herhangi bir soruna karşılaştığında da hastanın yakınına acil uyarı mesajı gönderecektir.

Yatak kontrol butonuna tıklandığında ise ekranda ilk başta baş ve ayak kontrol kısmı karşılamaktadır. Burada mavi slider(kaydırıcı) ile hasta yatağın baş kısmının kontrolü mevcuttur. Bu slideri sağa çekildiğinde baş kısmı yukarı kalkacak sola çekildiğinde baş kısmı aşağı inecektir. Onun altındaki kahverengi slider ise yatağın ayak kısmının kontrolünü sağlamaktadır. Bu kısım baş kısmıyla aynı prensiple çalışmaktadır. Sonra sol alt kısmı gelindiğinde ise yukarı aşağı hareket sağlayan mavi slider bulunmaktadır. Burada slider yukarı çekildiğinde hasta yatağı komple yukarı hareketi sağlanmaktadır. Aşağı çekildiğinde ise hasta yatağı komple aşağı hareketi gerçekleştirmektedir. Sağ aşağı kutuda yatak ısıtma ve soğutma kısmı bulunmaktadır. Bu kısımda bir swicth ile açma ve kapama yapılmakta ve bu sistem “ON” durumunda ise soğuk sıcak butonları ortaya çıkmaktadır. Hasta kendi istediği şekilde buradan ayarlayabilmektedir. Bu yatak ısıtma ve soğutma sistemi uzun süre yatan hastaların yatak yarası olmasını engellemek için oluşturulmuş bir sistemdir.

Oda kontrol ekranında lamba, klima, pencere ve perde ayarları görünmektedir. Lamba ayarı için bir switch olup açma kapama işlemi buradan yapılmaktadır. Klima ayarı içinde bir slider bulunmakta slider sağa çekildiğinde soğuk ayarını arttırmakta ve buradaki mavi renk artmaktadır. Slider sola çekildiğinde ise sıcak ayarı artmaktadır ve buradaki kırmızı renk gittikçe artmaktadır. Slider tam ortada olursa da klima kapalı duruma geçmektedir. Pencere ve perde ayarında ise ilk olarak pencere ayarı aktiftir. Ve pencerenin açılma oranı ayarlanabilmektedir. Eğer “B” harfi yazılı butona tıkladığımızda perde ayarı aktif olup açma oranı istenilen şekilde ayarlanabilmektedir. Bunların yanında hastanın isteğine bağlı olarak kamera sistemi de eklenebilmektedir.

Masaj ayarı ekranında açma ve kapama için bir anahtar mevcuttur. Buradan sistem açıldığında yavaş orta ve hızlı butonları gelmektedir ve hasta kendi isteğine göre ayarlayabilmektedir. Hasta yatağının bel ve ayak bölgesinde bulunan titreşim motoru sayesinde hastaya masaj yapılmaktadır. Hasta uzun süre

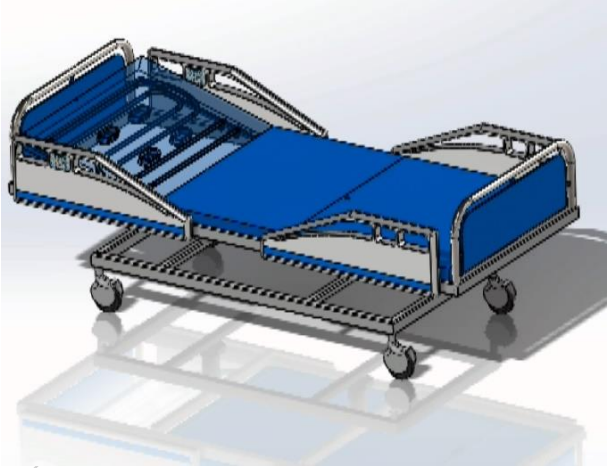
yatması durumunda ağrılar hissedebilir. Hastayı dinlendirmek için masaj sistemi oluşturulmuştur. Mobil uygulama ekran görüntüleri Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 15 Mobil uygulama ekranları

2.2 Solidworks yatak tasarımı

Günlük yaşamdan bilindiği gibi, teknolojinin gelişmesiyle insan hayatını kolaylaştıran akıllı cihazların artmasıyla insanların konforu artmıştır (Işık Hakan, Altun A.Alparslan,2005). Bu proje sayesinde hastaların konforunu arttırabilmek için solidworks programı ile özgün yatak tasarımı (Şekil 2) yapıldı.



Şekil 16 Akıllı hasta yatağı

Şekil 2 de normal bir hasta yatağını anımsatmasına rağmen içerisinde bulunan özellikler diğer hasta yataklarından ayrılmasını sağlamaktadır. Normal bir hasta yatağında hastalar uzun süre yatmaları sonucunda hasta yaraları oluşmaktadır(Emek Yatak,2018). Tasarlanan akıllı hasta yatağı sayesinde yatak yaralarının oluşmasını minimum seviyeye getirebilmek için ısıtma-soğutma sistemi ve masaj sistemi mevcuttur.

Isıtma-soğutma sistemi için hasta yatağı içerisinde suyun yatağın her yerine ulaşmasını sağlamak üzere ince hortumlar yerleştirildi. Bu hortumların içerisinde su döngüsünü sağlamak için bir adet su pompası mevcuttur. Ancak burada atlanmaması gereken önemli bir detay vardır ki, o da boruların zamanla sıcaktan veya soğuktan dolayı nem yapmasıdır. Bunu engellemek için borulara yalıtım yapılması kesinlikle şarttır.

Masaj sistemi için hasta yatağının bel ve ayak kısmına birer adet titreşim motorları yerleştirildi. Bu motorlar mobil uygulama üzerinden yavaş, orta ve hızlı seçenekleri ile kontrol edilmektedir.

2.3 Maket tasarımı

Akıllı hasta odasının gerçeği şu durumda yapılamayacağı için prototipi (Şekil 3) yapıldı (Güğül Gül Nihal, Sarıtaş Müzeyyen,2011). Bu tasarımda mikrodenetleyici olarak arduino mega 2560 kullanıldı. Akıllı hasta odasında kontrol edilecek birçok veri bulunmasından dolayı cok miktarda pin bulunan bir mikrodenetleyiciye ihtiyaç duyulması sebebiyle arduino mega 2560 tercih edildi. Projede ev ortamında yakın mesafede kullanılacağı için haberleşmesi bluetooth aracılığıyla yapıldı. Mobil uygulama olarak remoteXY üzerinden akıllı hasta odasının kontrolü sağlanmaktadır.



Şekil 17 Akıllı hasta odasının prototipi

Prototipte pencere açma oranı mobil uygulamada oda seçeneğindeki pencere kontrolü slider ile sağlanmaktadır. Bu slider 2 adet servo motoru ile istenilen acıda açılarak pencereyi kontrol etmektedir. Perde olarak stor perde kullanıldı. Bu perdeyi kontrol etmek için mobil uygulama üzerinde oda seçeneğindeki perde açma oranı slider ile kontrol edilmektedir. İstenilen miktarda açıp kapatmak için bir adet step motor kullanıldı.

Klimamızın iç ünitesinde hava akışına yön vermek için bir adet servo motor kullanıldı. Mobil uygulamada klima kontrolü ise bir slider yardımıyla sağlandı. Dış ünitede bir adet fan ve ısıtıcı-soğutucu kullanılmıştır. Mobil uygulamadaki klima kontrolünde sıcak ayarına getirildiğinde dış ünitede kırmızı led yanmaktadır, soğuk ayarına getirildiğinde dış ünitede mavi led yanmaktadır. Buradaki asıl amacımız ev tipi bir klimanın çalışmaya dahil edilebileceği gerçeğidir. Bundan dolayı prototipte klimaya yer ayrılmıştır.

Oda sıcaklığı ve nemini ölçmek için ise dht11 sıcaklık ve nem sensörü kullanıldı. Bu şekilde oda hakkındaki verilere ulaşıldı.

Solidworkste tasarımı yapılan hasta yatagının gözde daha iyi canlanması için prototipi olusturuldu. Üsten görünüşü normal hasta yatagını canlandırsada içerisine bakıldıgında hem titreşim motoru hemde ısıtma-sogutma sistemi bulunmaktadır.Isıtma-sogutma sisteminde kullanılan su pompası ve hortumu asagıda görünmektedir.

Akıllı hasta odasının içerisindeki eşyaların kontrolünün yanında ilgilenilen bir hasta olduğu için biyolojik değerleri de önemlidir. Bunun için hastadan alınan kalp ritmi ve vücut sıcaklığı gibi veriler mobil uygulama üzerinden takip edilmektedir. Hastanın nabız verisini parmaktan almak için nabız sensoru kullanıldı, vücut sıcaklığını ölçmek içinde boyutu ve maliyeti sebebiyle lm35 kullanıldı.

Mobil uygulama kısmında bulunan acil uyarı butonu sayesinde hastalar yardıma ihtiyaç duyduklarında bu butona basarlar ve bir sesli ikaz verir. Bu sesli ikaz verilmesi için bir adet buzzer kullanıldı.

Sonuç

Tasarlanan mobil uygulama kontrollü akıllı hasta odasıyla genellikle yatalak hastaların evde tek başına kolaylıkla ve uzaktan sağlık çalışanlarının uygulama ile kontrol edilmesini sağlamaktadır. Bu tasarımdaki ısıtma-soğutma özelliği ile hastaların yatak yarasının ortadan kaldırılması sağlanmaktadır bunun yanında sıcaklık ile kanın damar içinde hareketi hızlandırır bu da vücuttaki yara oluşumunu minimize eder ve olan yaraların hızlı iyileşimine destek olur. Tasarımdaki diğer özellikler ile hastanın diğer başka kişilere ihtiyaç duymadan konforlu ve huzurlu bir şekilde hayatını devam ettirmesini sağlamaktadır.

Tartışma

Akıllı hasta odasında kontrol sağlanan özelliklerinin yanı sıra kamera eklenebilir. Bu kamera sayesinde uyku apnesi gibi kamera gerektiren hastalığı olan hastalarda uzaktan sağlık çalışanın görmesi sağlanabilir. Ayrıca RFID kilit sistemi kullanarak hastanın güvenliğini sağlanabilir. Odaya giren çıkanın bu RFID etiket ile kontrol altına alınabilir.

Kaynaklar

Tezel Elçin, Yaşlıların akıllı ev teknolojileriyle ilgili tutumları; destek teknolojileriyle ilgili bulgular ve öneriler, Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi,2015,3,285

Çakır Mustafa, Oral Okan, REMOTEXY İLE MOBİL PROGRAMLAMA,1baskı, kodlab yayınevi, bağcılar/İstanbul,2018

Işık Hakan, Altun A.Alparslan,mikrodenetleyici kullanarak cep telefon kontrollü akıllı ev uygulaması,Selçuk üniversitesi teknik bilimler meslek yüksekokulu teknik-online dergisi,2005.1,31-32

Güğül Gül Nihal, Sarıtaş Müzeyyen, akıllı ev sistemleri ve uygulaması, Dumlupınar üniversitesi fen bilimleri enstitüsü dergisi,2011,25,49-56

Emek yatak, Yatak Tasarımının İyileşmeye Etkisi, https://www.hasta-yataklari.com/yatak-tasariminin-iyilesmeye-etkisi/,ziyaret tarihi=1 kasım 2020

Yılmaz Mesut, Sametoğlu Fettah, Akmeşe Gülden, Tak Aslıhan, Yağbasan Belma, Gökçay Serkan, Saglam Mustafa, Doganyılmaz Derya, Erdem Simge, Sağlık Hizmetinin Alternatif Bir Sunum Şekli Olarak Evde Hasta Bakımı,İstanbul Tıp dergisi,2010,3,125-132

İnal Kâmil, Akcayol M. Ali, GSM Tabanlı Akıllı Ev Uygulaması, Bilişim Teknolojileri Dergisi, 2009, 2,39-45

TAM AKROMATOPSİ HASTALIĞINDA KULLANILACAK RENK ALGILAYICI CİHAZ TASARIMI

Sena FİDAN[*], Bilge Nur TOSUN[*], İpek ÇAPRAZ[*], Çağatay TAŞDEMİRCİ[*], Arif ÖZKAN[*]
[*]Kocaeli Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Biyomedikal Mühendisliği Bölümü
tasdemircicagatay@gmail.com

Özet
Günümüzde gelişen teknolojik buluşlarla görme kusurlarına sahip insanların hayatları daha yaşanabilir hale gelmektedir. Görme kusurlarından biri olan Tam Akromatopsi hastalarında gözün arkasındaki ışığa duyarlı doku olan retina bozukluğu sebebiyle siyah, beyaz ve gri renk tonları haricinde diğer renkleri algıyamamaktadırlar. Bu hastalığa sahip kişilere yönelik geliştirilmiş teknolojilerde, ses veya yazı çıkışlı olabilmektedir. Bu çalışmada, mikrodenetleyici uyumlu Arduino'ya bağlı renk sensörü vasıtasıyla elde ettiğimiz analog renk bilgisini LCD ekran kullanarak yazıya, ses modülü ve hoparlör kullanarak ise sese dönüştürerek dijital bilgi edinilmiş ve bu bilgileri cihaz tasarımı altında birleştirip prototip oluşturularak hastanın kullanımına uygun hale getirilmiştir. Cihazın tasarlanmasında; kullanılabilirliliği, boyutu gibi nedenler göz önünde bulundurularak genellikle her yere taşıyabileceği el feneri şeklinde 3D cihaz modeli geliştirilmiştir. Cihazı istenilen renge teorikte 1-5 cm, pratikte 2 cm mesafeyle yaklaştırdığımızda rengi sesli bir şekilde söyleyip aynı zamanda LCD ekrana yazdırılmasıyla fonksiyonlu olması sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tam Akromatopsi Hastalığı, Renk Algılama, Arduino

Abstract
With today's advancing technological inventions, the lives of people with visual defects become more livable. In patients with Complete Achromatopsia, one of the visual defects, they cannot perceive other colors other than black, white and gray tones due to a retinal disorder, the light-sensitive tissue at the back of the eye. In technologies developed for people with this disease, there may be sound or text output. In this study, digital information is obtained by converting the analog color information obtained by means of the color sensor connected to the microcontroller compatible Arduino to text using the LCD screen and to sound using the sound module and speaker. By combining this information under the device design, a prototype was created and made suitable for the use of the patient. In the design of the device, a 3D device model has been developed in the form of a flashlight that it can usually carry anywhere, taking into account reasons such as its usability and size. When we approach the color with the device, theoretically 1-5 cm, practically 2 cm distance, it is possible to say the color aloud and print it on the LCD screen at the same time.

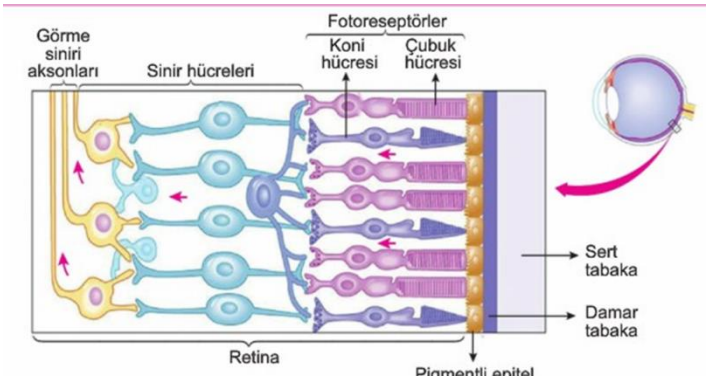
Keywords: Complete Achromatopsia Sickness, Color Detection, Arduino

1. GİRİŞ

Görme canlıların temel duyularından olup insan hayatının önemli işlevlerinden birisidir. Görme duyusuyla renkler ayırt edilebilmektedir fakat bazı insanlar bunu gerçekleştirememektedir. Renkleri ayırt edemeyen hastalıklardan biri, renk körlüğü hastalığının bir çeşidi olan "Tam Akromatopsi" hastalığıdır. Çoğu göz kusurunun çözümü bulunsa da Tam Akromatopsi hastalığının kalıcı bir çözümü bulunmamaktadır. Geliştirilen her teknoloji ile bu işlevden yoksun insanların hayatları daha konforlu hale gelmektedir. Temel olarak bu projede çeşitli elektronik malzemeler kullanılarak bu hastalığa sahip insanların renkleri, hem sesli hem yazılı olarak öğrenmeleri hedeflenmektedir.

2. TAM AKROMATOPSİ HASTALIĞI

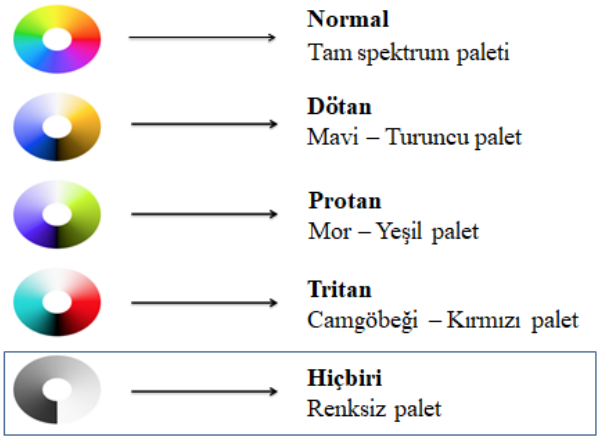
Akromatopsi, gözün arkasındaki ışığa duyarlı doku olan retinanın bir bozukluğudur. Kısmi ve tamamen olmak üzere 2'ye ayrılmakla beraber kalıtsal bir görme bozukluğudur. Retina, çubuklar ve koniler adı verilen 2 tür ışık reseptör hücresi içerir.



Şekil 2 : Retinadaki fotoreseptörler ve sinir hücreleri [1]

Bu hücreler, fototransdüksiyon adı verilen bir süreçle gözden beyne görsel sinyaller iletir. Çubuklar düşük ışıkta (gece görüşü) görüş sağlar. Koniler, renkli görme de dahil olmak üzere parlak ışıkta (gün ışığı görüşü) görüş sağlar. Akromatopsinin nedeni, retinada işleyen konilerin (fotoreseptörler) olmamasıdır. Akromatopsi ayrıca, ışığa ve parlamaya karşı artan hassasiyet (fotofobi), istemsiz ileri-geri göz hareketleri (sarkaç nistagmus), önemli ölçüde azalmış görme keskinliği (düşük görme keskinliği), küçük bir merkezi skotoma, eksantrik gibi görme ile ilgili diğer sorunları da içerir. Sabitleme ve renk ayrımının azalması veya tamamen kaybolması. Etkilenen bireylerde ayrıca ileri görüşlülük (hipermetrop) veya daha az yaygın olarak miyopi (miyopi) olabilir.[2]

Akromatopsili (akromatlar) tüm bireyler, üç koni sınıfına karşılık gelen üç renk görme ekseni boyunca bozulmuş renk ayrımına sahiptir: protan veya uzun dalga boyuna duyarlı koni ekseni (kırmızı), dötan veya orta dalga boyuna duyarlı koni ekseni (yeşil) ve tritan veya kısa dalga boyuna duyarlı koni ekseni (mavi). Çoğu bireyde tam akromatopsi vardır ve her üç koni türü de tamamen işlevsizdir.[3]



Şekil 2.1 : Koni Çeşitleri Ve Renk Spektrumları

Nadiren, bireylerde eksik akromatopsi vardır; bu, bir veya daha fazla koni tipinin kısmen işlev görebildiği bazı renk ayrımına izin veren durumun daha hafif bir şeklidir. Belirtiler, tam akromatopsili bireylerinkine benzer, ancak genellikle daha az şiddetlidir. Akromatopsi, insanların rengi algılayabildiği ancak kırmızı ve yeşil gibi belirli renkleri ayırt etmekte güçlük çektiği renk körlüğü olarak da adlandırılan daha yaygın renk görme yetersizliği formlarından farklıdır.

Hastalığın Epidemiyolojisi

Akromatopsi, dünya çapında yaklaşık 30.000 kişiden 1'ini etkileyen nadir kalıtsal görme bozukluğudur. Tam akromatopsi, eksik akromatopsiden daha yaygındır.Genetik bir bağlantı olduğu için akromatopsi, yüksek oranda akraba evliliklerinin (akrabalar arasındaki evlilikler) olduğu bölgelerde ve Pingelap'ın

doğu Pasifik adalarında daha yaygındır. Mikronezya'nın Doğu Caroline Adalarından birinde yaşayan Pingelapese adalıları arasında tam akromatopsi sıklıkla görülür. Bu popülasyondaki insanların yüzde 4 ila 10'u tamamen renkli görme eksikliğine sahiptir. [4]

Tedavi Ve Çözümleri

Şu anda akromatopsi için onaylanmış bir tedavi yoktur. Çocuklar, gözlüklerle veya temaslarla düzeltilebilen ilişkili yüksek hipermetropi için izlenmelidir ve altta yatan herhangi bir ambliyopi, oklüzyon veya atropin tedavisi ile yönetilebilir. Uygun hasta ve aileler için klinik araştırma denemeleri, az görme ve genetik danışmanlık düşünülmelidir.

Genetik test, teşhisi doğrulamaya yardımcı olabilir ve ebeveynlere diğer çocukların riskiyle ilgili bilgi sağlayabilir. Devam eden klinik araştırma denemelerinin değerlendirilmesi için tipik olarak bir moleküler tanı da gereklidir. Köpeklerdeki ve farelerdeki akromatopsinin hayvan modelleri, retinadaki bazı koni fonksiyonlarının eski haline getirilmesinde umut verici sonuçlar göstermiştir.

Kırmızı renkli lensler(Şekil 1.4), ışığa duyarlılığı azaltmaya yardımcı olur ve böylece görsel işleyişi geliştirir. NoIR (enjeksiyonla kalıplanmış) plastik etrafı sarılan gözlükler(Şekil 1.3), reçeteli bir çerçevenin üstünü kaplayan bir üst "kalkan" a ve başıboş ışık devre dışı bırakabileceğinden önemli olan geniş yan siperlere sahiptir. Eyeborg (Şekil 1.5) olarak bilinen daha yeni bir cihaz, renk görüşü olmayan kişilerin rengi ses dalgaları aracılığıyla algılamasına yardımcı olabilir.[5]



Şekil 2.2 : Özel Filtreli Gözlük[6]



Şekil 2.3 : Kırmızı Lensler [7]



Şekil 2.4 : Eyeborg Cihazı [8]

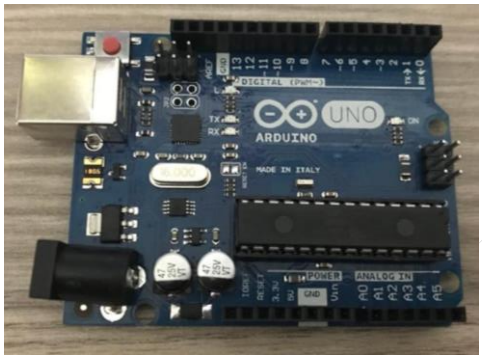
3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

Projenin ilk basamağında çalışma diyagramı ile proje taslağı oluşturuldu. Optimum malzeme seçimi (Arduino Uno R3, TCS3200 Renk Sensörü, 2X16 LCD Ekran, I2C Modülü, SD Kart Okuyucu, Hoparlör, 9V Pil) yapıldı. Arduino bilgisayara bağlanarak kartın resmi geliştirme editörü olan IDE açıldı. Sırasıyla renk sensörü, LCD ekran, hoparlör ve SD kart modülü ayrı ayrı test edildi. Test sırasında gerekli kodlamalar yazılarak devre bağlantıları gerçekleştirildi. Aynı zamanda SD kart modülünü projeye entegre edebilmek için renk isimlerinin ses kayıtları oluşturuldu. Malzemeler bir araya

getirilerek birlikte çalışabilirliği test aracılığı ile onaylandı. Son basamakta ise malzeme ölçüleri göz önünde bulundurularak ve cihaz boyutunu minimal düzeyde tutmak amaçlanarak cihaz tasarımı gerçekleştirildi.

Arduino Uno R3

Arduino Uno R3 (Şekil 2) , elektonik donanım ve yazılım temelli geliştirme platformu olan Arduinonun en yaygın kullanılan modelidir. İşlevselliğinde çeşitli sensörler yardımıyla fiziksel bilgi alınabilir, LED ve motor gibi uyarıcılarla çıktı oluşturulabilir ve bunun gibi komponentler kontrol edilebilir. Arduino Uno üzerinde bulunan 14 dijital çıkış pininden 6 tanesi motorların hızı, ledlerdeki parlaklık seviyesi gibi analog olarak control edilmesi istenen uyarıcıların bağlandırı PWM çıkışıdır. Ayrıca 6 tane analog girişine sahiptir. Saat hızı 16 MHz olan osilatör, USB bağlantısı, DC güç girişi, ICSP bağlantı başlığı ve reset düğmesi bulunmaktadır. Flash bellek olarak 32 KB kapasiteye sahiptir.[9]



Şekil 3.1 : Arduino Uno R3

TCS3200 RENK SENSÖRÜ

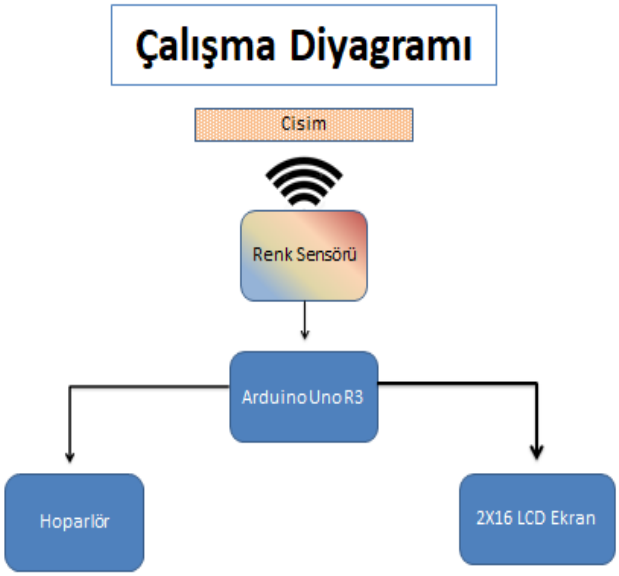
Fotodiyot konfigürasyonuna sahip rengi frekansa dönüştürmeye programlanmış bir dönüştürücüdür. Yuvalı ve yuvasız olmak üzere 2 çeşidi vardır. Yuvalı olanı (Şekil 2.1) dış ortam etkilerini azaltarak sonuç doğruluğunu arttırır. Sensör, 4 beyaz ışık ledinden ve çipten oluşmaktadır. İçerisinde de kırmızı, yeşil, mavi filtreli ve filtresiz olarak 4 foto seçici bulundurmaktadır. Böylelikle her renk için 4 farklı değer elde edilmektedir. S2 ve S3 pinleriyle fotodiyot seçimi yapılırken S0 ve S1 ile sensörün çıkış frekansı değiştirilmektedir. OUT pininden kırmızı mavi ve yeşil için 0-255 arasında değer alınarak algılama gerçekleştirilmektedir. [10]



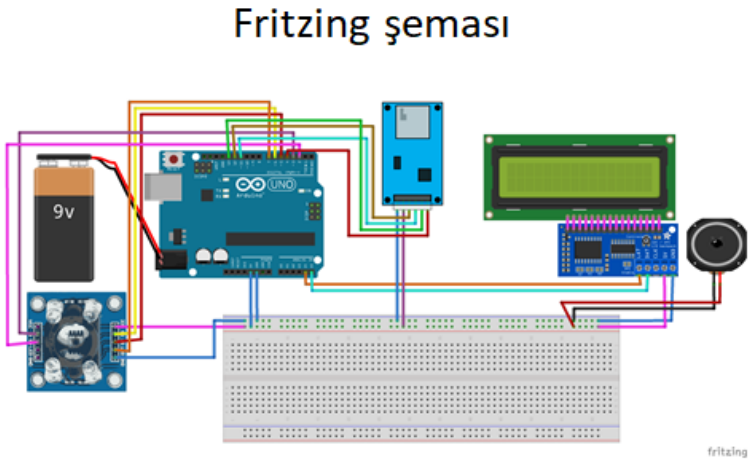
Şekil 3.2 : TCS3200 Renk Sensörü

Sistem Şemaları

Aşağıda sistemimizin çalışma diyagramı (Şekil 2.2) ile Fritzing Şeması(Şekil 2.3) verilmiştir.



Şekil 3.3 : Projenin Çalışma Diyagramı



Şekil 3.4 : Projenin Fritzing Şeması

Sistemin Kodlamaları, Tasarımı Ve Test Aşaması

Aşağıda cihaz tasarımı için 3D çizimi(Şekil 3.12), projemizde kullanılan kodlar (Şekil 3. 4-10) ve Şekil 3.11 ‘de test aşaması gösterilmiştir.

RENK_ALGILAMA | Arduino 1.8.13
Dosya Düzenle Taslak Araçlar Yardım

RENK_ALGILAMA §

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <SimpleSDAudio.h>
#include <Wire.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);

#define s0 2
#define s1 3
#define s2 5
#define s3 6
#define sensorOut 7


int K, Y, M = 0;

void setup()
{
Serial.begin(9600);
SdPlay.setSDCSPin(4);

if (!SdPlay.init(SSDA_MODE_FULLRATE | SSDA_MODE_MONO | SSDA_MODE_AUTOWORKER)) {
while(1);
}
```

Şekil 18.4 : Sistem Kodları – 1

RENK_ALGILAMA | Arduino 1.8.13
Dosya Düzenle Taslak Araçlar Yardım

RENK_ALGILAMA §

```
{

  lcd.init();
  lcd.backlight();
  pinMode(s0, OUTPUT);
  pinMode(s1, OUTPUT);
  pinMode(s2, OUTPUT);
  pinMode(s3, OUTPUT);
  pinMode(sensorOut, INPUT);

  digitalWrite(s1,LOW);
  digitalWrite(s0,HIGH);


}

void loop()
```

Şekil 3.5 : Sistemin Kodları - 2

RENK_ALGILAMA | Arduino 1.8.13
Dosya Düzenle Taslak Araçlar Yardım

RENK_ALGILAMA §

```
  Serial.print("Kirmizi= ");
  Serial.print(K);
  Serial.print("  ");
  lcd.print(K);
  lcd.print("  ");
  lcd.setCursor(7, 0);
  delay(50);

  lcd.print("Y=");
  digitalWrite(s2, HIGH);
  digitalWrite(s3, HIGH);
  Y = pulseIn(sensorOut, LOW);
  Serial.print("Yesil= ");
  Serial.print(Y);
  Serial.print("    ");
  lcd.print(Y);
  delay(50);

  lcd.setCursor(4, 1);
  lcd.print("M=");
  digitalWrite(s2, LOW);
```

Şekil 3.6 : Sistemin Kodları - 3

RENK_ALGILAMA | Arduino 1.8.13
Dosya Düzenle Taslak Araçlar Yardım
RENK_ALGILAMA §

```
Serial.print(M);
Serial.println();
lcd.print(M);
lcd.setCursor(0, 0);
delay(1000);


lcd.clear();
delay(150);


lcd.setCursor(1,0);
lcd.print("Algilanan Renk");
lcd.setCursor(2,1);
```

Şekil 3.7 : Sistemin Kodları - 4

RENK_ALGILAMA | Arduino 1.8.13
Dosya Düzenle Taslak Araçlar Yardım
RENK_ALGILAMA §

```
//Kırmızı yoğunluğu yüksek ve yeşille arasındaki değer 20'den azsa: Sarı
{
Serial.print("Renk = Sarı   ");
lcd.print("Sari");
SdPlay.setFile("sari.wav"); // müzik dosya adı
SdPlay.play(); // seçilen dosyayı çal
}
else if(K<100 && M<Y && abs(M-K)<20)
//Kırmızı yoğunluğu yüksek ve mavi ile arasındaki değer 20'den azsa: Magenta
{
Serial.print("Renk = Magenta   ");
lcd.print("Magenta");
SdPlay.setFile("magenta.wav"); // müzik dosya adı
SdPlay.play(); // seçilen dosyayı çal
}
else if(Y<130 && Y<M && Y<K)
//Yeşil yoğunluğu belli bir seviyenin üstünde ve kırmızı-maviden daha yoğunsa: Yeşil
{
Serial.print("Renk = Yeşil   ");
lcd.print("Yesil");
SdPlay.setFile("yesil.wav"); // müzik dosya adı

SdPlay.play(); // seçilen dosyayı çal
}
```

Şekil 3.8 : Sistemin Kodları - 5

RENK_ALGILAMA | Arduino 1.8.13
Dosya Düzenle Taslak Araçlar Yardım
RENK_ALGILAMA §

```
SdPlay.play(); // seçilen dosyayı çal
}
else if(M<100 && M<Y && M<K)
//Mavi yoğunluğu belli bir seviyenin üstünde ve yeşil-kırmızıdan daha yoğunsa: Mavi
{
Serial.print("Renk = Mavi   ");
lcd.print("Mavi");
SdPlay.setFile("mavi.wav"); // müzik dosya adı
SdPlay.play(); // seçilen dosyayı çal
}
else if(K<100 && K<Y && K<M)
//Kırmızı yoğunluğu belli bir seviyenin üstünde ve yeşil-maviden daha yoğunsa: Kırmızı
{
Serial.print("Renk = Kırmızı   ");
lcd.print("Kirmizi");
SdPlay.setFile("kirmizi.wav"); // müzik dosya adı
SdPlay.play(); // seçilen dosyayı çal

}
else
{
Serial.print("Renk algılanamadı   ");//Belirlediğimiz kıstaslara uymayan diğer renkler
lcd.print("---");
}
```

Şekil 3.9 : Sistemin Kodları - 6

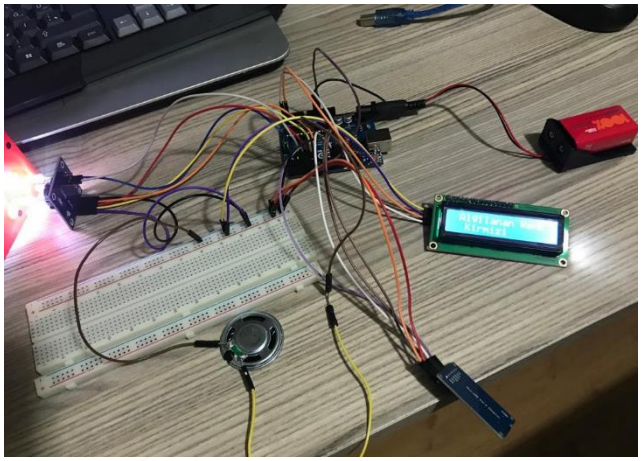
RENK_ALGILAMA §

```
lcd.print("Mavi");
SdPlay.setFile("mavi.wav"); // müzik dosya adı
SdPlay.play(); // seçilen dosyayı çal
}
else if(K<100 && K<Y && K<M)
//Kırmızı yoğunluğu belli bir seviyenin üstünde ve yeşil-maviden daha yoğunsa: Kırmızı
{
Serial.print("Renk = Kırmızı   ");
lcd.print("Kirmizi");
SdPlay.setFile("kirmizi.wav"); // müzik dosya adı
SdPlay.play(); // seçilen dosyayı çal

}
else
{
Serial.print("Renk algılanamadı   ");//Belirlediğimiz kıstaslara uymayan diğer renkler
lcd.print("---");
}

Serial.println(); //Serial monitörde bir satır aşağı geç
delay(1000);//1000 milisaniye bekle
lcd.clear();//LCD ekranı temizle
delay(150);
```

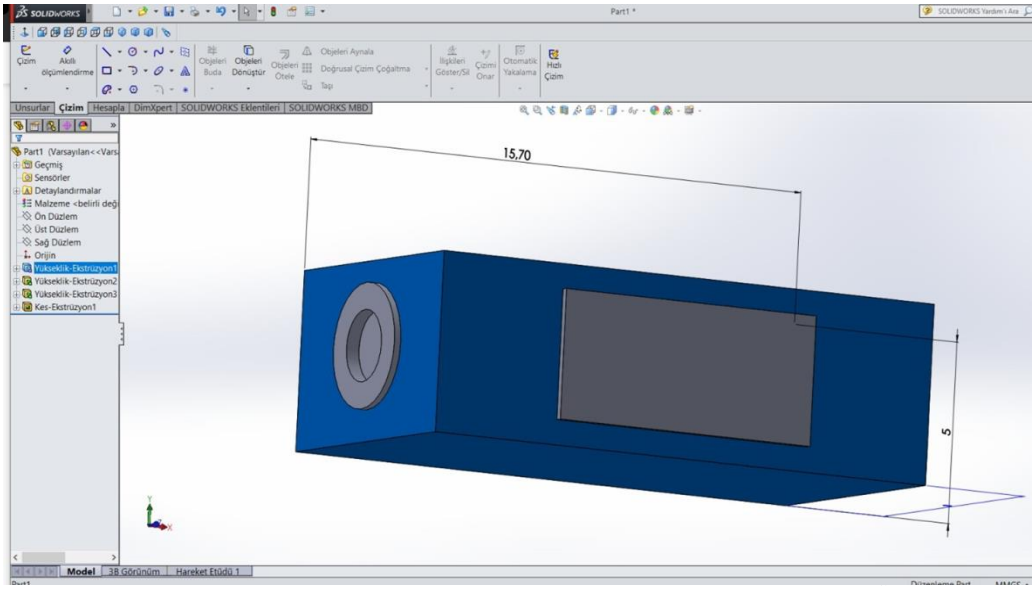
Şekil 3.10 : Sistemin Kodları - 7



Şekil 3.11 : Sistemin Test Aşaması

Tablo 3 : Test sonuçları

CİSİM	MESAFE (cm)	ALGILANAN RENK
SARI	1	SARI
	2	SARI
	3	MAVİ
	4	YEŞİL
	5	TANIMSIZ
MAVİ	1	MAVİ
	2	MAVİ
	3	KIRMIZI
	4	TANIMSIZ
	5	TANIMSIZ
YEŞİL	1	YEŞİL
	2	KIRMIZI
	3	KIRMIZI
	4	TANIMSIZ
	5	TANIMSIZ
KIRMIZI	1	KIRMIZI
	2	KIRMIZI
	3	KIRMIZI
	4	TANIMSIZ
	5	TANIMSIZ
MAGENTA	1	MAGENTA
	2	MAGENTA
	3	SARI
	4	TANIMSIZ
	5	TANIMSIZ
BEYAZ	1	BEYAZ
	2	BEYAZ
	3	BEYAZ
	4	BEYAZ
	5	TANIMSIZ



Şekil 3.12 : Cihazın 3D Tasarımı

4. SONUÇLAR

Cihazda 6 farklı renk algılama işlemi başarıyla gerçekleştirildi. Renk isimleri aynı zamanlı olarak metin ve ses şeklinde kullanıcıya sunuldu. Cihazın 15.7x8x5 cm boyutlarında prototipi geliştirildi. Yaptığımız projenin avantajları; cihaz olması, pratiklik, portatif boyuta ve düşük ağırlığa sahip olması, uygun maliyetli olması, her yaş kesimine hitap etmesi olarak sayılabilir. Şekil 4. 1-6 'da cihazın son hali gösterilmiştir.



Şekil 4.1 : Cihazda Mavi Rengin Tespiti



Şekil 4.2 : Cihazda Magenta Renginin Tespiti



Şekil 4.4 : Cihazda Beyaz Renginin Tespiti



Şekil 4.3 : Cihazda Sarı Renginin Tespiti



Şekil 4.5 : Cihazda Yeşil Renginin Tespiti



Şekil 4.6 : Cihazda Kırmızı Renginin Tespiti

TARTIŞMA

Proje temel bulgularımız çıkış olarak LCD ekran ve hoparlörün birlikte kullanılarak bir cihaz tasarlanabileceği yönündedir. Literatür taramalarına bakıldığında örneğin 2013 yılında Widianto renk körlüğü hastaları için sadece ses çıkışı olan renk algılama ekipmanının taslağını hazırlamıştır. Cavaco ve arkadaşları ise gerçek zamanlı olarak renk ve ışık bilgilerini sese dönüştüren bir cihaz tasarımı yapmıştır [11]. Ülkemizde ise 2017 yılında Eşref Erdoğan ve Ömer Galip Saraçoğlu yüzey renk bilgisinin belirlenerek bilgisayar destekli işitsel olarak iletilmesi üzerine çalışmalar yapmıştır [12]. Bizde projemizde sesin duyulması mümkün olmayan gürültülü ortamlar için LCD ekran çıkışına yer verdik. Ayrıca 2014 yılında Hariyari'nin renk körlüğü hastalığına sahip insanlar için renk ayırt etmede Android uygulaması kullanmasından [13] yola çıkarak yaşlı, çocuk vb. kullanıcılar için daha pratik bir cihaz tasarımının uygun olabileceğini düşünerek bu projeyi gerçekleştirdik.

Proje geliştirme fikirlerimiz; renk sensörü algılama mesafesini arttırmak amacıyla mercek kullanımı, cihaz portatifliğini arttırmak amacıyla farklı elektronik malzemelerden yararlanarak boyut ölçülerini daha da minimize etmek, gürültülü ortamlarda cihazın ses özelliğinden yararlanabilmek için cihaza kulaklık girişi eklemek ve cihazın dil seçeneklerini geliştirmektir.

KAYNAKÇA

[1] https://www.eokultv.com/duyu-organlari-goz-11-sinif/23276/11-sinif-duyu-organlari-goz-3 Erişim Tarihi : 28.11.2020
[2] https://medlineplus.gov/genetics/condition/achromatopsia/#resources Erişim Tarihi : 28.11.2020
[3,5] Kohl S., Jägle H., Wissinger B., Zobr D., Achromatopsia, 2004 Jun 24. PMID: 20301591
[4] https://eyewiki.org/Achromatopsia Erişim Tarihi : 28.11.2020
[6] https://www.somnilight.com/red-glasses-treat-achromatopsia-and-other-cone-disorders.html Erişim Tarihi : 28.11.2020
[7] https://www.2020eyes.co.uk/achromatopsia-clinic/ Erişim Tarihi : 28.11.2020
[8] https://www.mark-making.com/cyborgs-painting-sound-and-dancing-seismic-waves/
Erişim Tarihi : 28.11.2020
[9] https://www.robotiksistem.com/arduino_uno_ozellikleri.html Erişim Tarihi : 29.11.2020
[10]https://www.elektrikport.com/makale-detay/renk-sensoru-nedir-nasil-calisir/16750#ad-image-0 Erişim Tarihi : 29.11.2020
[11]Cavaco, Sofia, et al. "From pixels to pitches: unveiling the world of color for the blind." Serious Games and Applications for Health (SeGAH), 2013 IEEE 2nd International Conference on. IEEE, 2013.
[12]Erdoğan E., Saraçoğlu Ö.G., Detection and Computer Aided Auditory Production of Surface Color Content, International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies Proceedings, Tokat, Turkey, November 2-4, 2017.
[13]Hariyani, (2014). Perancangan Aplikasi Pembaca Warna untuk penderita buta warna berbasis Android, Bandung.

YALIN FELSEFE KAPSAMINDA İÇ LOJİSTİK OPTİMİZASYONU: ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ UYGULAMASI

Ayten Yılmaz Yalçıner
Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
ayteny@sakarya.edu.tr

Özet
İsrafları azaltmayı amaç edinen yalın üretim sistemlerinde önemli israf kaynaklarından biri de üretim zamanına bağlı iç lojistik faaliyetleridir. Temel olarak istenilen, en az maliyetle doğru malzemelerin istenilen tüketim bölgelerine, istenilen zamanda, istenilen miktarda ve istenilen şekilde ulaştırılmasıdır. Bu çalışmada bir makine imalatçısı firmanın üretim ortamının gerektirdiği belirli bir zaman periyodu altında döngüsel seferler yapan, kapasite kısıtlı kısa trenlere birden fazla rotanın atanabildiği bir iç lojistik araç rotalama çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda kat edilen mesafenin en küçüklenmesi hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Araç Rotalama Problemi, İç Lojistik, Clarke&Wright Tasarruf Algoritması, En Yakın Komşu Metodu

PLANT LOGISTICS OPTIMIZATION WITHIN THE SCOPE OF LEAN PHILOSOPHY: VEHICLE ROUTING APPLICATION PROBLEM

Abstract
One of the important sources of waste in lean production systems aiming to reduce waste is plant logistics activities depending on the production time. Basically, it is the delivery of the right materials to the desired consumption areas, at the desired time, in the desired amount and in the desired way, with the least cost. In this study, a plant logistics vehicle routing study was carried out in which more than one route can be assigned to short railway trucks with limited capacity, which make cyclical trips under a certain time period required by the production environment of an automotive company. In this context, it is aimed to minimizing the distance traveled in the system.

Keywords: Vehicle Routing Problem, Plant Logistics. Clarke & Wright Savings Algorithm, Nearest Neighbour Algorithm

1. GİRİŞ

Müşterilerin ihtiyaçlarını karşılamak üzere, başlangıç noktasından tüketiciye ulaşıncaya kadarki tüm tedarik zinciri kapsamında malzeme ve bilgi akışının ve hareketinin en etkili ve verimli şekilde yönetilmesi süreçleri olarak tanımlanan "lojistik" kavramı temel olarak üç bölümde incelenebilir. Bunlar tedârikçiden tesise kadar olan lojistik, tesis içi lojistik ve tesisten müşteriye kadar olan lojistik şeklindedir (Kılıç, vd 2011).

İşletmeler için lojistiğin önemli bir elemanı imalat lojistiği olarak da ifade edilen iç lojistiktir. İsraf unsurlarını azaltmayı hedefleyerek yalın felsefe çerçevesinde imalat ve hizmetlerini yürüten yalın işletmeler lojistik faaliyetlerinde de israf unsurlarını yok ederek üretim lojistiği altında "Yalın Lojistik" ilkelerini uyarlamaya çalışırlar. Üretim maliyetlerinin önemli bir kısmı malzeme taşıma ile ilişkilidir. Bu açıdan iyi bir sistem ile maliyetlerde azalma görülmesi olasılığı çok yüksektir.

Yalın üretim anlayışını benimseyen firmalar ideal bir iç lojistik sistemi tasarımıyla mudaları (israfları) azaltıp, maliyetlerde de büyük düşmeler sağlayabilirler. Standardize edilmiş, kolay yönetilebilir bir taşıma sistemi, oluşabilecek mudaları en aza indirmede büyük önem taşımaktadır. Bu durum yalın lojistik anlayışını getirmektedir.

Bu çalışma kapsamında ele alınan firma, bulunduğu rekabet ortamında rota sayısını düşürerek ve kat edilen yolu minimize ederek iç lojistik maliyetlerini düşürmek ve verimliliği sağlayarak da üretim hızını arttırmayı istemektedir. Firmada mevcut bulunan lojistik sistemi incelendiğinde, rotaların

oluşturulmasında herhangi bir dayanağın bulunmadığı, verimsiz bir dağıtım sisteminin bulunduğu, araç sayısının ve kat edilen yolun çok fazla olduğu ve firma için bu gibi durumların sorun teşkil ettiği görülmüştür. Bu durumu düzeltmek, verimliliği arttırmak, fabrika içindeki araç trafiğini azaltmak için yeni bir rota çalışması yapılması uygun görülmüştür. Araç rotalama problemi olarak belirlenen bu sorun; kapasite ve süre kısıtlı olduğundan Clarke&Wright tasarruf matrisi metodu ve en yakın komşu metodu ile ele alınmıştır.

2. ARAÇ ROTALAMA PROBLEMLERİ

Araç rotalama problemleri, ürün veya hizmetin belirli bir merkezden çıkarak müşterilere ulaştırıldığı ve araçların tekrar merkeze dönmesini sağlayan rotaların belirlendiği kombinatoryal optimizasyon problemidir. Lojistik ve tedarik zincirinin son aşaması olan ürün dağıtımı sırasında ortaya çıkan optimizasyon problemleri olarak da ifade edilebilmektedir. En iyi çözümü elde etmek amacıyla ele alınan yaklaşım ise, problem çeşitlerine uygun kısıtların oluşturulmasıdır. Araç rotalama problemiyle ilgili ilk çalışma 1959'da, araç rotalama problemini ortaya çıkaran Dantzig ve Ramser tarafından araç yönlendirme problemi için ilk matematiksel programlama formülasyonu ve algoritmik yaklaşımı önermeleri ile yapılmıştır. Daha sonraları gerçek dünyada benzinin benzin istasyonlarına teslimatı uygulaması ile kamyon sevkiyatı ismi ile de anılmıştır (Kumar ve Panneerselvam, 2012; Singh ve Sharma, 2021)

Araç Yönlendirme Problemi (ARP), müşterilere giden ve gelen malların çeşitli depolar arasında ve müşterilere ve müşterilerden depolara nasıl dağıtıldığını ele alan problemler setidir. ARP'nin amacı, malları müşterilere en kısa zamanda ve maliyette ulaştırmak için bir depoda yada depolarda bulunan araçlar için güzergah (lar) tasarlamaktır. ARP hedefi genellikle rota maliyetini en aza indirmektir. Amaç fonksiyonları, belirli varyantlar ve uygulamalara göre değişebilir. Araçlarla ilgili maliyetleri, kat edilen mesafeyi, ulaşım araçları sayılarını en aza indirgemek, taşıma ya da seyahat süresi ve araç yükünün aşılması durumunda sistemi dengeye getirmek hedeflenir. (Choosak Pornsing, 2014, (Sitek ve Wikarek, 2019)

Araç rotalama problemlerinde olabilecek amaç fonksiyonları;

-Toplam taşıma maliyetlerini en aza indirgemek
- Araç rotalarını dengede tutabilmek (seyahat süresi ve araç yükü göz önünde bulundurarak)
- Taleplerin parçalı olarak dağıtılması sonucu oluşan ceza maliyetlerini en aza indirgemek
- Talebi karşılayacak araç sayısını minimize etmek (Toth ve Vigo, 2002)

ARP, tarihsel süreci içinde gerçek hayat uygulamaları ile birlikte farklı yapılara evrilmiş ve bu yapılar kısıtlarına ve ele alınan problemin karakteristiklerine göre yeni araç rotalama problem türleri olarak literatürdeki yerlerini almışlardır. ARP'nin başlıca türleri; kapasite kısıtlı (KARP), mesafe ve kapasite kısıtlı (MKARP), zaman pencereli (ZPARP), geri toplamalı (GTARP), dağıtım ve toplamalı (DTARP), açık (AARP), çoklu depo (ÇDARP), bölünmüş teslimatlı (BTARP), periyodik (PARP), heterojen filolu (HFARP), simetrik ARP, asimetrik ARP, homojen ARP, Statik ARP, Dinamik ARP ve bulanık araç rotalama problemi (BARP) olarak ifade edilebilirler (Karagül ve diğerleri, 2016, Koç, 2012, Erol 2006).

Bu çalışmada işletmelerin iç lojistik kapsamında israflarını azaltmak için malzeme akışlarını optimize edebilmek amacıyla üretimde kullanılan küçük trenlerin rota planlaması gerçekleştirilmek istenmiştir. Gereksiz taşımaları minimize etmek, optimal araç sayısını bulmak, seyahat süresini minimize etmek gibi hedeflerle üretim içi lojistikten kaynaklanan israflardan arındırılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla Araç Rotalama Problemlerinin önemli bir tekniği olan Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama yöntemlerinden Clarke Wright ve En Yakın Komşu Modelleri ile üretim içi araç rotalamaları planlanmıştır.

2.1. Clarke Wright Tasarruf Algoritması

Araç yönlendirme problemleri genellikle kesin bir çözüme, sezgisel tabanlı çözüme veya meta-sezgisel tabanlı çözüme sahiptir. Clarke ve Wright yöntemi temelde sezgisel tabanlı bir yaklaşım içerir (Mittal ve arkadaşları, 2017). Clarke ve Wright yönteminde önce müşteriler ile depo arasındaki ve ayrıca müşteriler arasındaki mesafeyi gösteren tüm araçlar için bir mesafe matrisi hazırlanır. Daha sonra her araç için tasarruf maliyeti hesaplanır. Kapasite kısıtı ihlal edilene kadar maksimum tasarruf maliyeti

olan araçlar aynı araç ile birleştirilir. Bu tasarrufların değerlerine bağlı olarak, müşteriler, müşteri kombinasyonundan başlayarak rotalara sırayla birleştirilir ve daha fazla tasarruf sağlanamayana kadar en büyük maliyet tasarrufu sağlanır (Cordeau ve diğerleri, 2005).

Dağıtım noktalarının sayısı çoksa, merkezi bir depodan bir dizi teslimat noktasına değişen kapasitelerde bir kamyon filosunun optimum şekilde yönlendirilmesi, çok sayıda olası rotadan seçim yapılmasını gerektirebilir (Clarke ve Wright, 1964).

Tasarruf algoritmasında bir adet depo ve birden fazla dağıtım yeri olur. En büyük tasarruf değerinden başlayarak rotalar belirlenir ve birleştirilir

Sij :Tasarruf miktarı,
C0i :Depodan mi noktasına (müşterisine) uzaklık (maliyet)
C0j :Depodan j noktasına uzaklık
Cij : i ve j noktaları arası uzaklık olmak üzere;
Sij=C0i+C0j-Cij formülü ile tasarruf miktarı hesaplanır. Ve her ikili nokta için hesaplamalar gerçekleştirilir.

2.2. En Yakın Komşu Yöntemi

En Yakın Komşu prosedüründe, satıcı depodan başlar ve daha sonra mesafe matrisine göre depoya en yakın müşteri ziyaret edilir ve oradan bir sonraki en yakın müşteri ziyaret edilir, bu şekilde algoritma, tüm müşterilere erişince tamamlanır (Gutin ve Yeo, 2002). İlk adımda başlangıç noktasından en yakın noktaya hareket edilir. Sonraki adımlarda ise bir sonraki en yakın noktaya hareket edilerek en son başlangıç noktasına dönülür. Araç rotalama problemlerine uyarlandığında ise, en yakın komşunun rotaya eklenmesi uygun olduğu müddetçe yani kapasite ya da zaman penceresi gibi kısıtları ihlal etmediği müddetçe gerçekleşir. Kısıt ihlal edilmeden eklenecek nokta bulunamazsa depoya dönülür ve yeni bir rota başlatılır (Keskintürk, 2015).

Problemin varsayımları şunlardır;
-Araçlar depolardan çıkıp tekrar depolara dönerler.
-Rotadaki dağıtılacak ve toplanacak yük miktarı araç kapasitesini geçemez.
-Katedilen yol minimize edilmeye çalışılır.
Temel mantığı, müşteri noktaları arasında yakınlık uzaklık durumuna ve araç yükleme kapasitelerine göre araçlara müşterilerin / siparişlerin / kutuların vs. atanmasıdır.

3. PROBLEMİN TANIMI VE TEKNİKLERİN UYGULANMASI

Çalışmada bir makine imalatçısı firmanın yoğun malzeme taşımalarından dolayı zaman, mesafe ve araç kullanımı konusunda israfları olan bir yalın üretim biriminin lojistik faaliyetleri incelenmiştir. İşletmede rotaların oluşturulmasında herhangi bir dayanağın bulunmadığı, verimsiz bir dağıtım sisteminin bulunduğu, araç sayısının ve kat edilen yolun fazla olduğu görülmüştür.

İşletmede üretim ortamının gerektirdiği belirli bir zaman periyodu altında, belirli rotalarda döngüsel seferler yapan, kapasite kısıtlı kısa trenlerde (maksimum 12 m^3 hacimde yük) yüklenen kutuları taşınmaktadır. Dağıtım yapılan 403 adet durak ve 35 adet dağıtım noktası bulunmaktadır. Ele alınan birimde 10 adet rota vardır fakat bu rotalardan bazıları her döngüde çift dağıtım yapmaktadır. Bu durum, 10 rota olarak görünen durumun aslında 17 adet rota olduğunu göstermektedir (Tablo 1).

Tablo 1: 17 adet rotaya dair bilgiler

Rota		M^3	ELLEÇLEME SÜRESİ	YOL SÜRESİ
2	A	6,65	36,53333333	10,1503759
2	B	8,46	37,6	6,14035088
2	C	3,79	29,33333333	7,8320802
1	D	6,49	31,46666667	6,39097744
2	E	5,51	21,06666667	6,26566416
1	F	1,85	5,866666667	6,89223058
2	G	9,92	35,46666667	8,27067669
2	H	5,02	21,33333333	9,27318296
2	M	5,37	23,46666667	8,14536341
1	N	6,05	21,06666667	6,26566416
17		59,11	263,2	75,6265664

Dağıtım yapılacak noktaların birbirlerine ve ana depo kabul edilen D'ye uzaklık matris tablosundan bir kesit Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2: Depo ve dağıtım noktaları arasındaki uzaklık matrisinden gösterim

	D	1	2	3	4	5	6	7	10	11	12	13	14	15	16	17	18	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
D	0	20	30	40	50	60	80	90	120	130	130	150	170	180	200	180	110	160	110	200	240	130	220	260	140	230	370	250
1	20	0	10	20	30	40	60	70	100	110	130	130	150	160	180	160	90	140	90	180	220	110	200	240	120	210	350	230
2	30	10	0	10	40	50	60	70	110	120	110	120	120	130	150	170	90	150	100	190	230	120	210	250	130	220	360	240
3	40	20	10	0	30	40	60	70	100	110	130	130	100	110	130	180	50	130	100	190	230	120	210	250	130	220	360	240
4	50	30	40	30	0	10	30	40	70	80	100	110	90	100	120	160	60	150	130	220	260	150	240	280	160	250	390	270
5	60	40	50	40	10	0	20	30	60	70	90	90	80	90	110	150	70	170	130	210	250	150	240	280	160	240	340	260
6	80	60	60	60	30	20	0	10	50	60	80	70	60	70	90	140	100	190	170	250	270	190	280	310	200	290	360	310
27	110	90	100	100	130	130	170	180	210	220	240	290	310	320	340	290	170	60	0	10	50	20	30	70	30	40	180	60
28	200	180	190	190	220	210	250	270	300	310	330	380	400	410	430	380	260	20	10	0	10	30	20	30	40	30	170	50
29	240	220	230	230	260	250	270	300	350	360	380	430	450	460	480	420	300	40	50	10	0	70	30	20	80	40	60	60
30	130	110	120	120	150	150	190	200	230	240	260	310	330	340	360	300	190	80	20	30	70	0	10	50	10	20	160	40
31	220	200	210	210	240	240	280	290	320	330	350	400	420	430	450	300	280	40	30	20	30	10	0	10	20	10	150	30
32	260	240	250	250	280	280	310	330	370	280	300	350	370	380	400	340	320	60	70	30	20	50	10	0	50	50	190	70
33	140	120	130	130	160	160	200	210	210	250	270	320	330	340	360	320	200	90	30	40	80	10	20	50	0	20	160	40
34	230	210	220	220	250	240	290	300	330	340	360	410	430	440	460	410	290	50	40	30	40	20	10	50	20	0	130	20
35	370	350	360	360	390	340	360	370	320	330	350	400	420	430	450	400	300	70	180	170	60	160	150	190	160	130	0	120
36	250	230	240	240	270	260	310	320	350	360	380	430	450	460	480	440	310	70	60	50	60	40	30	70	40	20	120	0

3.1. Clarke ve Wright Tasarruf Matrisi Yöntemi Uygulaması

Bu yöntemde, ele alınan problem Clarke-Wright Tasarruf Matrisi metoduyla, Excel VBA kullanılarak çözüme ulaştırılmıştır. Bu metodda 36x36 matris ile çalışmak zor olduğundan fabrika 5 ayrı bölgeye ayrılmış ve bu nedenle 5 ayrı uzaklık matrisi ve 5 ayrı tasarruf matrisi oluşturulmuştur. Oluşturulan uzaklık ve tasarruf matrisi örnek tabloları aşağıda verilmiştir (Tablo 3, Tablo 4, Tablo 5 ve Tablo6). Uzaklık matrisleri kullanılarak oluşturulan tasarruf matrisindeki değerler küçükten büyüğe sıralanır. Daha sonra kapasite ve süre kısıtı ele alınarak en küçük değer elde edilene kadar iterasyonlar sürdürülür ve yeni rota elde edilir. Elde edilen rota karar tablolarına örnek olarak Tablo 7 verilmiştir.

Tablo 3. Uzaklık Matrisi 1

	D	1	2	3	4	5	6	7
D								
1	20							
2	30	10						
3	40	20	10					
4	30	30	20	20				
5	90	80	80	90	110			
6	110	100	100	110	130	20		
7	120	110	110	120	140	30	10	

Tablo 4. Uzaklık Matrisi 5

	D	1	2	3	4	5	6	7
D								
1	200							
2	220	20						
3	230	30	10					
4	250	50	30	20				
5	310	90	70	60	50			
6	370	80	60	50	30	20		
7	330	110	90	80	70	20	80	

Tablo 5. Tasarruf Matrisi 1

	1	2	3	4	5	6	7
1							
2	40						
3	40	60					
4	20	40	50				
5	30	40	40	10			
6	30	0	40	10	180		
7	30		40	10	180	220	

Tablo 6. Tasarruf Matrisi 5

	1	2	3	4	5	6	7
1							
2	400						
3	400	440					
4	400	440	460				
5	420	460	480	510			
6	490	530	550	590	660		
7	420	460	480	510	620	620	

Yapılan iterasyonlar neticesinde en son oluşturulan karar tablosunda (Tablo 7) görüleceği gibi mevcut planda 0-34-35-26 ve 0-36-32-29 karşılığı olan rota; 0-5-6-2 VE 0-7-4-3 olarak belirlenmiştir. Bu çözüme göre toplamda 13 adet rota oluşmuş ve mevcut duruma göre 4 adet rota azaltılmıştır.

Tablo 7. Karar Tablosu

			ROTA	KAPASİTE	SÜRE
			0-5	1.34	16.91
1	660.0	5 6	0-5-6	6.36	39.74
2	620.0	6 7		KAP. AŞ	
3	620.0	5 7	AYNI OTA		
4	590.0	4 6		KAP AŞ.	
5	550.0	3 6		KAP.AŞ	
6	530.0	2 6	0-5-6-2	12.44	53.67
7	510.0	4 5		KAP.AŞ	
8	510.0	4 7	0-4-7	3.26	21.91
9	490.0	1 6		KAP AŞ.	
10	480.0	3 5		KAP. AŞ	
11	480.0	3 7			
12	460.0	3 4	0-7-4-3	5.83	32.01
13	460.0	2 5	AYNI OTA		
14	460.0	2 7		KAP.AŞ	
15	440.0	2 3		KAP AŞ.	
16	440.0	2 4		KAP AŞ.	
17	420.0	1 5		KAP AŞ.	
18	420.0	1 7	0-7-4-3-1	9.3	46.71
19	400.0	1 2		KAP AŞ.	
20	400.0	1 3			
21	400.0	1 4			

3.2. En Yakın Komşu Modeli Uygulaması

Bu yöntemde, ele alınan problem MS Excel üzerinde kapasite ve süre kısıtlı "En Yakın Komşu Modeli" kullanılarak çözüme ulaştırılmıştır. Ele alınan problemde fabrikanın içinde oluşan taleplere göre her bir kısa tren kapasitesi ve döngü zamanı aşılmadan, kat edilen seyahat mesafesini minimize edecek şekilde araçlarının rotasının planlanmasıdır. Problem eş zamanlı dağıtım araç rotalama problemi tipine girmektedir. Çözümde kullanılan uzaklık matrisi Tablo 1'de verilmişti. Çözüm yapılırken kullanılan tablolar ve oluşan rotalara örnekler Tablo 8 ve Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 8. Rota 1

ROTA	17	5	2	SON NOKTA UZAKLIK DK	TOPLAM
DAKİKA	20.91	2.24	2.41	0.37	25.93
KAPASİTE	4.65	0.33	1.01		5.99

Tablo 9. Rota 11

ROTA	27	31	30	35	SON NOKTA UZAKLIK DK	TOPLAM
DAKİKA	2.49	15.52	15.52	7.49	3.13	44.15
KAPASİTE	0.3	1.67	1.67	1.59		5.23

Bu yönteme göre toplamda 15 adet rota oluşmuş ve mevcut duruma göre 2 adet rota azaltılmıştır.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

İşletmeler son yıllarda hızla gelişen rekabet o rtamında tutunabilmek ve pazar payını genişletmek için işletmenin maliyetlerini minimum seviyelere indirmesi gerekir. Bu da firma içerisinde önemli bir paya

sahip olan lojistik ve sevkiyat maliyetleriyle doğrudan ilişkilidir. Bu konuda minimum seviyelere indirmek için belli bir plan doğrultusunda hareket edilmelidir. Dağıtım faaliyetlerinde dikkat edilmesi gereken en önemli husus müşteri talep ve ihtiyaçlarını tam manada karşılamak ve optimum araç rotalama ve planlama yapmaktır. Optimal araç rotalama bu planın oluşturulmasında en önemli konulardan biridir. Bu çalışmada, bir makine imalatı gerçekleştiren firmada montaj fabrikasının iç lojistik araç rotalaması çalışılmıştır. Araç rotalama yaparken hiçbir optimizasyon yöntemi kullanmayan işletmenin mevcut sisteminde 17 adet rota kullanmaktadır. Araç sayısını azaltarak maliyeti düşürmek, trafik yoğunluğunu azaltmak, iş güvenliği sağlamak, karbon salınımını azaltmak ve daha verimli bir taşıma sistemi oluşturmak amacıyla bu çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma yapılırken araç rotalama problemlerinin çözümünde kullanılan Clarke-Wright tasarruf algoritması yöntemi ve en yakın komşu yöntemi kullanılmıştır. Yapılan işlemler neticesinde;

Clarke-Wright metoduyla 13 rota,
En yakın komşu metoduyla 15 rota elde edilmiştir.
Mevcut rota ile elde edilen yeni rota karşılaştırıldığında;
Mevcut olan 17 rota Clarke-Wright tasarruf algoritması metoduyla en az rota sayısı olan 13'e düşürülmüş;
Bir döngüde katedilen yol 6035 m iken 4700 m'ye düşürülmüş,
Rotalar arasındaki süre farkları optimize edilmiş ve böylelikle daha dengeli bir dağıtım sistemi oluşturulmuştur.

KAYNAKLAR

CHOOSAK, P. (2014). A Particle Swarm Optimization for the Vehicle Routing Problem. *University of Rhode Island,* Dissertation, Doctor of Philosophy in Industrial and Systems Engineering.

CLARKE, G., WRIGHT, J. W. (1964) Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points. https://doi.org/10.1287/opre.12.4.568, Operations ResearchVol. 12, No. 4

CORDEAU, J.F. GENDREAU, M., HERTZ, A., LAPORTE, G., SORMANY, J. S. (2005). New heuristics for the vehicle routing problem. *Logistics systems: design and optimization,* 279-297.

EROL, V. (2006). Araç Rotalama Sistemleri İçin Popülasyon Ve Komşuluk Tabanlı Metasezgisel Bir Algoritmanın Tasarımı Ve Uygulaması, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü..

GUTIN, G. and YEO, (2002). A. Polynomial algorithms for the TSP and the QAP with a factorial domination number. *Discrete Appl. Math.* 119, 107–116.

KARAGÜL, K., TOKAT, S., AYDEMİR, E. (2016). Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemlerinde Başlangıç Rotalarının Kurulması için Yeni Bir Algoritma. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi* 4(3), 215-226, 2016.

KESKİNTÜRK, T., TOPUK, N., ÖZYEŞİL, O. (2015). Araç Rotalama Problemleri İle Çözüm Yöntemlerinin Sınıflandırılması Ve Bir Uygulama, *İşletme Bilimi Dergisi,* 3(2), 2015.

KILIÇ, H. S., DURMUŞOĞLU, M.B., BAŞKAK, M. (2011). Classification And Modeling For in-Plant Milk-Run Distribution Systems, *The International Journal Of Advanced Manufacturing Technology,* 62, 9-12, 1135-1146, 2011.

KOÇ, Ç., (2012). Zaman Bağımlı Araç Rotalama Problemi, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.*

KUMAR, S.N., PANNEERSELVAM, R. (2012). A Survey On The Vehicle Routing Problem And Its Variants. *Intelligent Information Management*,04 (03). 10.4236/iim.2012.43010

MITTAL, P., GARG, N., AMBASHTA, H., MEHNDIRATTA, C. (2017). Solving VRP in an Indian Transportation Firm through Clark and Wright Algorithm: A Case Study. *International Journal of Emerging Technologies in Engineering Research (IJETER*), Volume 5, Issue 10.

SINGH, V.P., SHARMA, K. (2021) Capacitated Vehicle Routing Problem with Interval Type-2 Fuzzy Demands. In: Kalamkar V., Monkova K. (eds) *Advances in Mechanical Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer*, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-3639-7_11

SITEK, P., WIKAREK, J. (2019). Capacitated vehicle routing problem with pick-up and alternative delivery (CVRPPAD): model and implementation using hybrid approach, *Ann Oper Res* 273, 257–277, https://doi.org/10.1007/s10479-017-2722-x

TOTH, P., VIGO, D. (2002). The Vehicle Routing Problem, *Society For Industrial And Applied Mathematics.*. https://epubs.siam.org/doi/pdf/10.1137/1.9780898718515.fm

BİR DİREKSİYON KOLONUNUN MAGSİMAL 59 ENJEKSİYON DÖKÜM YÖNTEMİ İLE İMALATI İÇİN MALZEME SEÇİMİ VE ÜRETİM METOTLARI

Yunus YÜKSEL
Cofle TK Otomotiv Kontrol Sistemleri Tasarım Merkezi , İstanbul , Türkiye
Sorumlu yazar: yunus.yuksel@cofletk.com.tr

Ömer NAYİR
Cofle TK Otomotiv Kontrol Sistemleri Tasarım Merkezi , İstanbul , Türkiye
omer.nayir@cofletk.com.tr

Hakan KÖYLÜ
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye
hkoylu@kocaeli.edu.tr

Özet
Mevcut süreçlerde direksiyon kolonu sistemleri üretim süreci, kaynaklı boru ve talaşlı imalat yöntemi ile gerçekleştirilmektedir. Bu süreç sonunda ulaşılan ürün istenilen başarı kriterlerini sağlamasına rağmen, üretim sürecinin uzun sürmesi, döküm sonrası parça sertliğinden dolayı parça içindeki kanalların işlenme zorluğu gibi nedenlerden ötürü otomotiv yan sanayi üreticileri bu parçanın üretilmesi konusunda düşük maliyetli, kaliteli ve hızlı çözümler arayışına girmişlerdir. Kullanılan sistemlerin ömür, dayanıklılık, yolcu güvenliği ve maliyet açısından dezavantajlı olduğu bilinmektedir. Direksiyon kolonunun kullanım amacına ve mekanik özelliklerine uygun alaşım tayininin yapılması, döküm sırasında oluşacak sorunları ortadan kaldırarak ve parça üretiminde kullanılan talaşlı imalat ve kaynaklı boru yönteminde oluşan porozite ve dayanım probleminin önüne geçecektir. Bu çalışmada, direksiyon kolonu imalatında bir yenilik olan Magsimal 59 alaşımı ile alüminyum enjeksiyon döküm tekniğinin kullanılması için gerekli olan malzeme seçimi ve döküm yöntemleri tanıtılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Direksiyon Kolonu, Alüminyum Döküm, Malzeme Seçim, Analiz

MATERIAL SELECTION AND PRODUCTION METHODS FOR MANUFACTURING A STEERİNG COLUMN USING MAGSIMAL 59 INJECTION CASTING METHOD

Abstract
In the current processes, the production process of steering column systems has been carried out by welded pipe and machining method. Although the product reached at the end of this process meets the desired success criteria, the long duration of the production process, the difficulty of processing the channels in the part due to the hardness of the part after casting, automotive sub-industry manufacturers have sought low cost, high quality and fast solutions for the production of this part. It is known that the systems used are disadvantageous in terms of life, durability, passenger safety and cost. Determining the alloy suitable for the purpose of use and mechanical properties of the steering column will eliminate the problems that may occur during casting and prevent the porosity and strength problems emerging in the machining and welded pipe method used in part production. In this study, it is aimed to create a new concept in national and international market by using Magsimal 59 alloy and aluminum injection casting technique.

Key words: Steering column, Aluminium casting, Material selection, Analysis

1.GİRİŞ

Türkiye, bulunduğu coğrafyada ileri düzeyde bir otomotiv sanayi kurmuş olan tek ülkedir. Bu nedenle otomotiv yan sanayi hem Türkiye hem de Türkiye de yatırım yapacak olan yabancı firmalar açısından stratejik önem taşımaktadır. Otomotiv yan sanayinin diğer bir önemi de bağımsız bir savunma sanayi için güvenilir ve vazgeçilmez bir altyapı oluşturmasıdır. Bu anlamda otomotiv yan sanayi ülkemizin gelişmesi açısından tartışılmaz bir öneme sahiptir. Buna rağmen üretim süreçlerinin yetersizliği neticesinde ülkemizde otomotiv parçalarının üretiminde büyük sıkıntılarla karşılaşılmaktadır.

Otomotiv sektöründe araç hızlarının her geçen gün artması, standartların her geçen gün daha yüksek seviyelere çekilmesi, otomotiv parça üreticilerini, sistem veriminin artırılması konusunda çeşitli Ar-Ge çalışmalarına yönlendirmektedir.

Literatür taraması sonucu; istenilen mekanik özelliklerin sağlanabilmesi için ürünün malzeme karışımının alüminyum(Al), Silisyum(Si) ve Magnezyum(Mg) alaşımından oluşturulması kararlaştırılmıştır. Hazırlanacak malzemede Silisyum bulunması direksiyon kolonunun akışkanlık özelliklerinin arttırılması açısından önemlidir. Diğer bir taraftan karışımın içerisinde Magnezyum bulunması ile mukavemet değerinin 2-3 kat değerinde arttırılması hedeflenmiştir. Bu elementleri içeren alaşımlar incelediğinde ise yoğunluk, mukavemet, fiyat analizi yapılarak diğer malzemeler elenmiş ve yoğunluğu düşük, orta seviyede mukavemet sağlayan, fiyatı makul olan alüminyum alaşımı seçilmiştir. Seçim yöntemi Prof. Ashby' nin çalışmaları sonucu ortaya çıkan diyagramlar yardımıyla yapılmıştır. Daha sonra alüminyum alaşımları Weighted Properties yöntemiyle birbiriyle kıyaslanmış ve Magsimal 59 alaşımı uygun malzeme olarak tespit edilmiştir.

Araçlardaki en kritik, en önemli ve üretimi en zor parçalarından biri olan direksiyon kolonu, yeni teknoloji ile üretilmesi planlanan ürünlerden biridir. Direksiyon kolonu üretiminin, teknolojik gelişmeler doğrultusunda ürün tasarımının gerçekleştirilmesi, üretim süreçlerinin teknolojik boyutlarda yeniden şekillendirilmesi ve piyasada kullanılan boru kaynağı ya da talaşlı imalat yöntemi yerine, teknolojik düzeyi daha ileri seviyede bir döküm yöntemi olan Magsimal 59 enjeksiyon döküm yöntemiyle üretim yapılması hem ulusal hem de uluslar arası piyasada ses getirecek bir yenilik olacaktır. Çünkü pazardaki yoğun rekabet nedeniyle müşteri tatmini ancak teknolojik gelişme ile sağlanmaktadır. Bu nedenle sektörde yoğun Ar-Ge ve sürekli gelişme esastır. Yöntemin getirileri üreticileri ürünün kalitesinin artması bunun yanında üretim maliyetinin düşmesi sebebiyle memnun edeceği aşikârdır.

Magsimal 59 enjeksiyon enjeksiyon döküm yöntemi sayesinde, döküm yüksek basınçlarda gerçekleştiğinden, dökülen malzeme içerisinde oluşan porosity adı verilen gözenekli yapıların önüne geçilmiş olacaktır. Normal boru kaynatılarak gerçekleştirilen üretim ya da talaşlı imalat metotlarında basınç değerinin düşük seviyelerde gerçekleşmesi, dökülen parçanın donmasının ardından gerçekleşen büzülme probleminin artmasına, bu da gözenekli yapıların oluşma yoğunluğunu artırdığından, kaza anında kırılmalara sebep olmaktadır. Araç tasarım aşamasındaki optimum değerlerin üretim sonrasında da en düşük toleranslarla yakalanması ile malzeme dayanımını artırılacak, ve kazalarda yaşanan can ve mal kayıplarının önüne geçilmiş olacaktır. Çalışmamızın bir diğer başlatılma gerekçesini de bu konu oluşturmaktadır. Bu bilgiler ışığında direksiyon kolonu üretim süreçlerinin yeniden belirlenerek, en uygun tasarım ve geliştirme çalışmalarını yapılması, bunun yanında parça üretiminde kullanılan mevcut yönteminden farklı olarak daha teknolojik ve maliyet açısından daha düşük bir yöntem olan Magsimal 59 alaşımı ile enjeksiyon döküm yöntemi sayesinde ürün mukavemetinin ve kalitesinin arttırılması sağlanmış olacaktır. Enjeksiyon döküm yöntemiyle elde edilen ürün sayesinde piyasaya daha sağlam ve daha gelişmiş özelliklerdeki direksiyon kolonu üretilmiş olacaktır.

Bu bilgiler ışığında bu çalışmada, direksiyon kolonunu Magsimal 59 enjeksiyon döküm yöntemiyle imal edebilmek için gerekli malzeme seçimi ve alüminyum alaşımı enjeksiyon dökümü ile dökülmesini sağlayacak üretim süreçleri tanıtılmıştır.

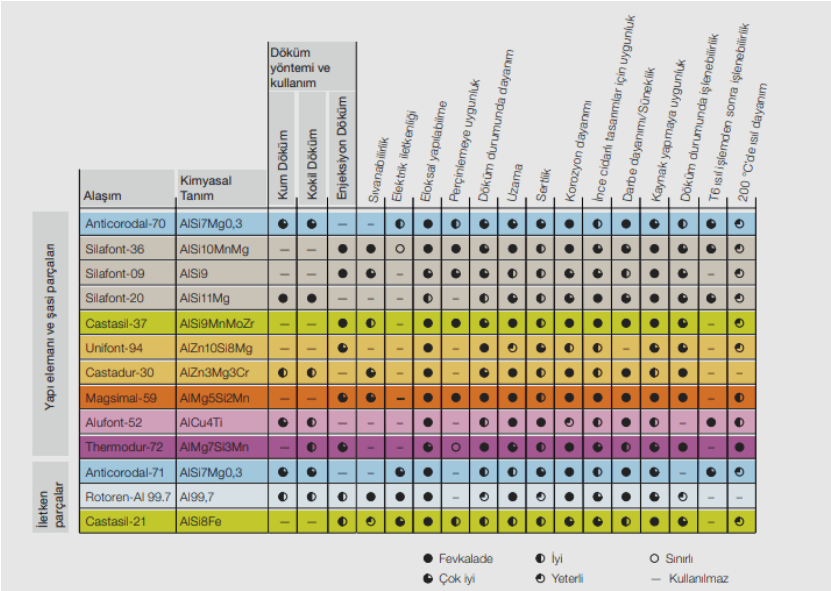
2. MATERYAL VE METOT

Direksiyon kolonu imalat yöntemi değiştirme ihtiyacı, otomotiv sektörü açısından araç hızlarının her geçen gün artması, standartların her geçen gün daha yüksek seviyelere çekilmesi, otomotiv parça üreticilerini, sistem veriminin arttırılması ile ortaya çıkar iken mevcut ürünler açısından da direksiyon kolonu imalatında kullanılan boru kaynağı nedeniyle düşük dayanım, kaza anında deforme olan direksiyon kolonu nedeniyle direksiyon simidinin sürücüye zarar vermesi, bu nedenle dayanımı yüksek malzeme ve imalat yöntemi gereksinimleri ile bu ihtiyaç daha belirgin hale gelmiştir. Bu ihtiyaçları karşılamak için direksiyon kolunu için mevcut talaşlı imalat yöntemi yerine, teknolojik düzeyi daha ileri seviyede bir döküm yöntemi kullanılması gerektiği görülmüştür. Bu çalışma kapsamda yapılan araştırma sonucunda Magsimal 59 enjeksiyon döküm yöntemiyle direksiyon kolonu imalatı gerçekleştirmesi, direksiyon kolonu imalatında bir yenilik barındırmasının yanında yukarıdaki hedefleri karşılayabilir

nitelikte olduğu belirlenmiştir.

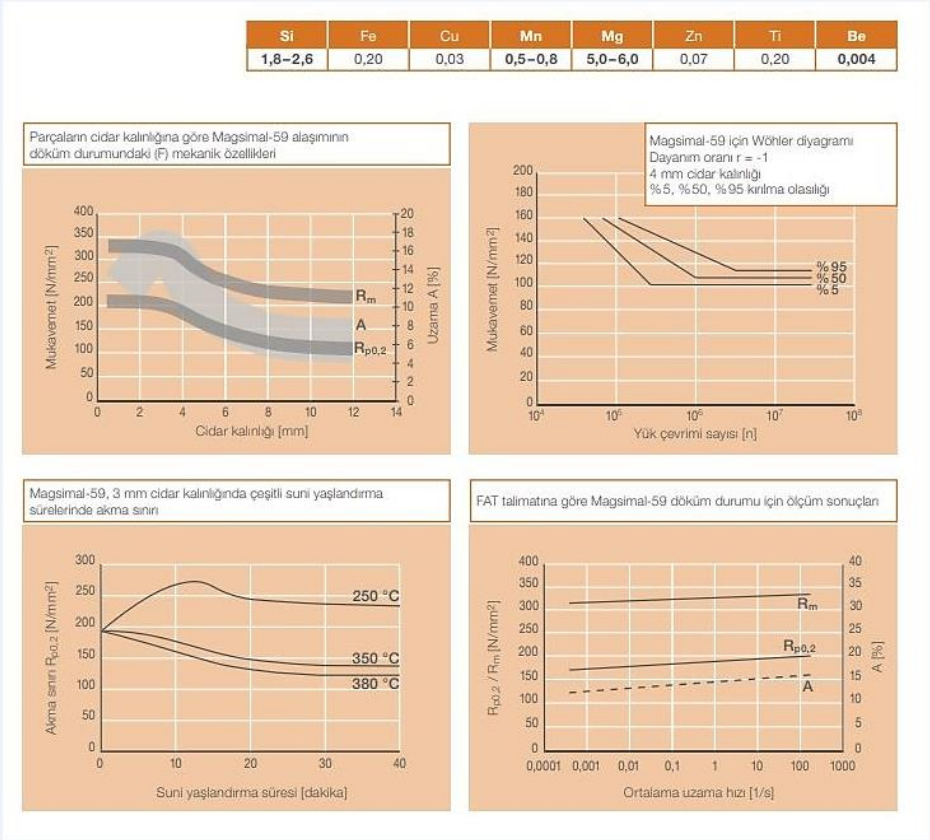
2.1. Malzeme seçimi

Çalışmanın amacı bu ürünün ülkemizde yeni bir üretim yöntemi olan Magsimal 59 un enjeksiyon döküm yöntemiyle üretilmesi sonucu "know-how" elde edilmesidir. Otomotiv yan sanayi sektöründeki bu gelişmeyle birlikte ülkeye katkı sağlayacak know-how'ın geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Kullanılacak teknolojileri belirlerken direksiyon kolonlarında bulunması gereken özellikler incelenmiştir. Direksiyon kolonları araçların ön takımlarına bağlıdır ve kaza ve tehlike anlarında ilk temas çok yüksek ihtimalle ön bölgeden olmaktadır. Bu sebeple direksiyon kolonlarının ve tutucuların mukavemet değerlerinin oldukça yüksek olması gerekmektedir. İstenilen mekanik özelliklerin sağlanabilmesi için ürünün malzeme karışımının alüminyum(Al), Silisyum(Si) ve magnezyum(Mg) alaşımından oluşturulması kararlaştırılmıştır. Bu sonuca ulaşabilmek için Şekil 1'de verilen karşılaştırma tablosundan faydalanılmıştır.



Şekil 1. Otomotiv Sektöründe Kullanılan Alüminyum Döküm Alaşımları Tablosu Karşılaştırılması

Bu tabloya göre hazırlanacak malzemede Silisyum bulunması direksiyon kolonunun akışkanlık özelliklerinin arttırılması açısından önemlidir. Diğer bir taraftan karışımın içerisinde Magnezyum bulunması ile mukavemet değerinin 2-3 kat değerinde arttırılması hedeflenmiştir. Yapılan araştırmalardan sonra alüminyum, silisyum ve magnezyum ihtiva eden Magsimal 59 alaşımının kullanılmasına karar verilmiş ve elde edilecek ürünün sağlayacağı üstünlükler Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. AlMg5Si2Mn (Magsimal 59) alaşımının bileşimi (Ağırlık - %)

2.2. Tasarım süreçleri

Üretim aşamasında kaynaklı boru yöntemi kullanılmasından kaynaklanan gözenek hatalarından kaçınmak adına Enjeksiyon Döküm yöntemi seçilmiştir. Bu sayede döküm sonrası elde edilen ürüne ait geometrik çıktıların, tasarım aşamasındaki geometrik girdilere çok ufak tolerans değerleriyle ulaşılabilmesi ve ürünün içyapısında meydana gelebilecek hataların önlenmesi sağlanacaktır.

Ön tasarım çalışmalarında toplanan veriler ışığında ürün konfigürasyonunun ve şeklinin oluşturulması ve onaylanması sağlanmıştır. Bu kapsamda öncelikli olarak direksiyon kolonunun özellikleri ayrıntılı olarak belirlenmiştir. Direksiyonun milinin hareket mekanizması pedalı açıldığında direksiyon kolonu belirlenen oranda öne doğru hareket edecektir. Direksiyon kolonu -30°C ile +80°C sıcaklıklarda istenilen performansı sağlamalıdır. Direksiyon kolonunun, hareketsiz olduğu durumlarda -40°C derecelere kadar düşen sıcaklıklara karşı performans kriterlerini olumsuz etkilemeyecek şekilde istenilen dayanıma sahip olması sağlanacaktır. Aynı zamanda direksiyon kolonu kabin içerisinde olumsuz etki yaratmamalıdır. Direksiyon motorundan ve araç şasisinden gelen ses ve titreşimleri sürücü kabinine iletmemelidir. Direksiyon kolonu iki tarafta da kamalı yapıya sahip olmalıdır. Sertleştirilmiş bu yapı alt tarafta minimum 0,2 mm derinliğe sahip olmalı ve sertliği HRC>=55 olması planlanmıştır.

Ürünün teknik çizimleri Solidworks programı vasıtasıyla yapılırken bir taraftan da ürünle ilgili üretim süreçleri planlanması ve katı modellerin oluşturulması için çalışmalar yapılmıştır. Katı modeller oluşturulduktan sonra dolum analizleri için Magmasoft programı ile optimizasyon yapılmıştır.

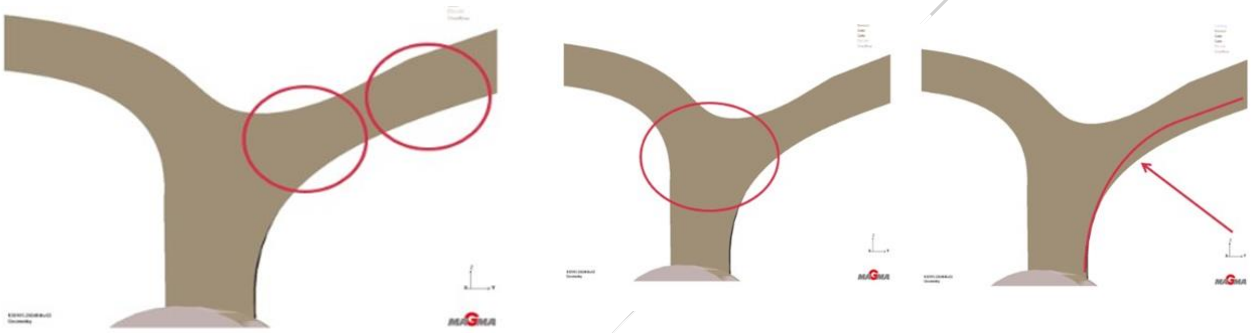
Tasarım çalışmalarının son kısmında ise üretim süreçleri belirlenmiştir. Bu kapsamda üretim zaman çalışmaları yapılmış, tasarım ve üretim için gereken zaman planlaması yapılmıştır. Böylece proje kapsamında ön mali veriler çıkarılarak bu projenin toplam maliyet analizi yapılmıştır. Süreç tasarımı sırasında uygulanacak teknolojiler üzerine araştırmalar yapılmıştır..

Mekanik parçaların imalatının yapılmasından önce parçaların sonlu elemanlar metodu ile akış analizleri magmasoft programı vasıtasıyla yapılmıştır. Dolum işleminin simülasyonu sırasında ergiyik alaşımın

kalıba giriş hızı 240 m/s'lere kadar çıkmaktadır. Bu yüksek hızlar dolumda parçanın hava kapmasına, maça ve kalıp elemanlarının çok hızlı bir şekilde aşınmasına ve yapışma gibi istenmeyen sorunların meydana gelmesine neden olmaktadır.

Parçanın dolum ve katılaşmaya bağlı sorunlardan en az etkilenecek şekilde dökülebilmesi için yapılması gerekenler belirlenmiştir. Topuk çapı, hazne uzunluğu ve diğer ürün elemanlarının kovan doluluk oranları hesaplandığında, yaklaşık %26'lık bir doluluk gözükmüştür. Bu değer yüksek basınçlı döküm için kabul edilen değerlerin altında kaldığından parçanın kovan doluluk oranının %40-%50 civarlarına yükseltilesi gerekmektedir. Bu sayede parçanın hava kapmasının da önüne geçilecektir.

Şekil 3'de görüldüğü gibi kovan doluluk oranını arttırabilmek için topuk çapı küçültülmüş ve aktif hazne boyu kısaltılmıştır. Yine yolluk dizaynında, topuktan malzemeye doğru ergiyiğin iletimi sırasında basıncın kaybolmaması adına ve malzemenin hava kapmaması açısından yolluğun ikiye ayrıldığı kısımda iç tarafın radyusu arttırılmış ve orta bölge daraltılmıştır. CS13 kodlu alt kavrama yarısını oluşturan parçanın enjeksiyon kalıbı için tasarımında yapılan değişiklikler kapsamında hava cebinin konulduğu yer değiştirilmiş ve bu sayede hem akış hızları düşürülmüş hem de parçanın etli bölgesini daha iyi beslenmesi sağlanmıştır.



Şekil 3. Tasarım Süreçlerinde Yapılan Değişiklikler

2.3. Üretim metotları

Direksiyon kolonları, günümüzde talaşlı imalat yöntemi ile üretilmektedir. Bu yöntemde dökümden sonra genelde kalıbın bozulması nedeniyle kalıp maliyeti masrafları çoktur. Direksiyon kolonu boyutlarının büyük olmasına karşın, talaşlı imalat yöntemi ufak boyutlu parçaların üretilmesi için uygundur. Bunların yanında talaşlı imalat kalıp üretiminde kalıp boşluğu ve diğer kanallar işlenerek açılır. Kalıp malzemesi geçirgen olmadığından hava kanallarının da açılması zorunludur. Bu nedenle talaşlı imalat ile kalıp tasarımı büyük deneyim ve işçilik istemektedir.

Bu çalışma kapsamında direksiyon kolonu çarpışma esnasında kırılmaması ve deformasyona uğramaması hedeflenmektedir. Piyasada hali hazırda mevcut olan direksiyon kolonları çarpışma anlarında, malzeme özellikleri düşük kalitede ya da komponentlerin uyumsuz olması ile akma mukavemeti oldukça düşük seviyede kalmaktadır. Geliştirmeyi hedeflediğimiz direksiyon kollarında ise malzemelerin akma mukavemeti yüksek olacak şekilde tasarlanması hedeflenmektedir. Bu doğrultuda çarpışma anlarında malzemenin elastik deformasyon sınırını aşması ve plastik deformasyon olması noktasında kırılma ve kopmaların olmaması ve sadece uzaması hedeflenmektedir. Gerçekleşmesi hedeflenen bu durumda kolon bir bütün olarak kalacak ve güvenlik sağlayacaktır.

Yeniden geliştirilmesi hedeflenen direksiyon kolonunun mukavemetinin arttırılması ve parça için son derece önemli olan dayanımın sağlanması çalışmanın başlatılma gerekçesini oluşturmaktadır. Parçada yağın iletimini sağlayan kanalların bulunması ve parça bağlantı yerlerinin çokluğu hassas ve teknolojik bir tasarımın yapılmasını ve doğru üretim süreçlerinin takip edilmesini zorunlu kılmaktadır.

Düzgün bir formda dökülebilen bir enjeksiyon döküm alaşımı ile çok yüksek uzama sağlanırken bu sünekliliği tek basamaklı ısıl işlemle artırmak mümkün olabilmektedir. Çözeltiye alınarak yapılan bir ısıl işlem olmaması nedeniyle deformasyon ve kabarcık oluşumu bulunmamasının yanında çok iyi

korozyon dayanımı ve iyi işlenebilirlik özelliği kazandırılabilmektedir. Bu döküm sayesinde direksiyon kolonuna EN 1706 normundaki AC-51500 standartları kapsamında ince duvarlı mükemmel mekanik ve dinamik özellikleri yanında aşağıdaki özellikleri kazandırılabilecektir.

- Çok iyi dökülebilirlik
- Minimum duvar kalınlıklarına uygun
- Yüksek süneklik
- Yüksek akma dayanımı
- Yüksek yorulma dayanımı
- Yüksek korozyon direnci

Magsimal 59 enjeksiyon döküm klasik döküm yöntemi ile makine hacim kalıpçılığının birleştirildiği bir sistemdir. Benzer sistemlerden farklılıklar sunan enjeksiyon döküm yöntemi birçok malzeme üretiminde tek bir metal kalıp kullanılarak sıvı metalin kalıp içerisine basınç altında basılması ile gerçekleşir. Enjeksiyon dökümde kaliteyi yakalayabilmek ve aynı zamanda kalıbın kısa sürede yıpranmasını önlemek için üretilecek malzemenin alaşımı, biçimi vb. özellikleri göz önünde bulunarak kalıbın tasarlanması gerekmektedir. Tasarımın yanı sıra kalıba uygun enjeksiyon döküm makinesi de belirlenmelidir. Enjeksiyon döküm makinesinin fonksiyonu kalıbın iki parçasının tam ekseninde ve sağlam olarak tutmak, yeterli miktarda erimiş madeni kalıba basınç altında göndermek ve kalıbın iki parçasını açıp kapatarak dökülmüş parçanın kalıptan çıkarılmasını sağlamaktadır. Kalıp, içine dökülecek parça oyulmuş, maça itici ve benzeri parçalar eklenmiş, enjeksiyon döküm makinesi tablalarına aynı eksende monte edilmiş iki çelik bloktan meydana gelir.

Üretim aşamasında kaynaklı boru yöntemi kullanılmasından kaynaklanan gözenek hatalarından kaçınmak adına Enjeksiyon Döküm yöntemi seçilmiştir. Bu sayede döküm sonrası elde edilen ürüne ait geometrik çıktıların, tasarım aşamasındaki geometrik girdilere çok ufak tolerans değerleriyle ulaşılabilmesi ve ürünün iç yapısında meydana gelebilecek hataların önlenmesi sağlanacaktır. Enjeksiyon döküm yöntemi ergimiş hammaddenin çok yüksek basınç altında metalden yapılmış bir kalıba doldurulması esasına dayanır. Uygulanan yüksek basınç sayesinde fazla miktarda alüminyumun kalıba çok hızlı bir şekilde doldurulması sağlanır. Katılaşma tamamlanıncaya kadar yüksek basınç uygulanmaya devam edilir ve ardından kalıp açılarak itici çubuklar yardımıyla parça kalıptan çıkarılarak işlem tamamlanır. Alüminyum enjeksiyon döküm yöntemi sayesinde çok karışık şekilli parçaların dökümü mümkün olur. Genellikle alüminyum enjeksiyon döküm yöntemi ile dökülecek malzemelerin erime sıcaklığı 800 ºC'nin altındadır. İşlemler tamamıyla makinalar tarafından gerçekleştirildiği için yüksek üretim hızlarına erişilebilir (30...60 baskı/saat). Kullanılan basınç 10 - 80 atmosfer arasında değişir. Alüminyum enjeksiyon döküm sonucu elde edilen parçalara genellikle talaşlı işlemeye lüzum kalmaz. Ayrıca parçaların yüzeyleri hızlı soğuma sonucunda ince taneli ve mukavemetli olurlar. Kalıp malzemesi olarak dökme demir, karbonlu çelik, alaşımlı çelik ve bazen de demir dışı malzemeler kullanılabilir. Dökülen metalin erime sıcaklığı yüksek ise alaşımlı çelik kalıplar, düşük ise karbonlu çelik kalıplar kullanılır. Alüminyum enjeksiyon dökümde alüminyumun yanında kurşun, kalay, çinko ve magnezyum alaşımları kullanılır. Alüminyum enjeksiyon döküm kalıpları genellikle çift parçalıdır ve üzerlerinde parçaları çıkarabilmek için itici çubuklar vardır. Kalıpların sıcaklığının sabit kalması için genellikle su ile soğutulur. Hem kalıp ömrü artar hem de katılaşma esnasında hızlı soğuma sağlanır. Bu kapsamda alüminyum döküm yönteminin getirdiği üstünlüklerin yanında belirli sınırlamalar da bulunmaktadır.

Alüminyum Döküm Yönteminin Üstünlükleri;

- Karmaşık biçimli küçük parçaların dökümüne uygundur.
- İnce cidarlı parçalarda kalıbın tam olarak dolması sağlanır.
- Üretim hızı yüksektir.
- Yüzey kalitesi ve boyut hassasiyeti çok yüksek olduğundan ek bitirme işlemlerine genellikle gerek kalmaz.
- Hızlı soğuma sonucu oluşan ince taneli içyapının mekanik özellikleri iyidir.

Alüminyum Döküm Yönteminin Sınırları;

- Sadece küçük/orta büyüklükteki parçaların üretimi mümkündür.
- Kalıplarının tasarımı güçtür.
- Döküm makinası için yüksek bir ön yatırım gereklidir.
- Dökümde kullanılacak kalıp masrafı nedeniyle ancak seri üretimde ve çok sayıda parça için ekonomiktir.
- Bu döküm yöntemi ile çok yüksek sıcaklıkta eriyen malzemelerin dökümü yapılamaz.

2.3.1. Teknik başarı kriterleri

Yukarıda ifade edilen sınırlamalar göz önüne alınarak alüminyum alaşım döküm yöntemi ile imal edilen direksiyon kolonunun araçlarda kullanılabilmesi için Tablo 1'de verilen malzeme özelliklerine sahip olması gerekmektedir.

Tablo 1: Malzeme özellikleri ve sağlaması gereken kriterler

Malzeme özelliği	**Sağlaması gereken kriter değer**
Yoğunluk	2,65 g/cm^3
Elastik Modülü	72-78 kN/mm2
Isıl Genleşme Katsayısı	24x10-6 °K
Termal İletkenlik	1,05 – 1,30 W/(cm x °K)
Elektrik İletkenliği	14-16 m/(ohm x mm^2)
Erime ve Katılaşma Aralığı	565 -630°C
Lineer Büzülme Aralığı	0,6 -1,1 %
Erime Sıcaklığı	780°C
Döküm Sıcaklığı	160 – 220 °C
Öz Ağırlık	2,65 g/cm^3
Elastik Modul	72-78 kN/mm^2

4.SONUÇ

Bu çalışmada, direksiyon kolunu prototip üretiminde Magsimal 59 alüminyum alaşımı kullanılmasının sebepleri, Magsimal 59'un narin, uzun süre formunu, hatlarını ve dayanımını muhafaza etmek zorunda olan döküm parçalarına uygun bir alaşım olmasıdır. Ayrıca iyi kaynak yapılabilme, yüksek dayanıklılık, neredeyse sınırsız kullanım olanakları ve çok yüksek korozyon mukavemetine sahip olması gibi özellikleri de bu malzemenin seçilmesinde önemli bir rol oynamıştır. Bunların dışında, AlMg5Si2Mn tipi bu enjeksiyon döküm alaşımının, yüksek sünekliliğe bağlı olarak fevkalade bir akma dayanımına ve çarpmadan kaynaklı meydana gelen enerjiyi sönümleyebilme yeteneğine de sahip olması, yorulma dayanımı alışılagelmiş enjeksiyon döküm alaşımlarına göre daha yüksek olması da bu malzemenin seçilmesindeki diğer önemli sebeplerdendir.

Bu amaçlar doğrultusunda direksiyon kolonu prototipin imalatı için malzeme seçimi gerçekleştirilerek imalat süreçleri araştırılmıştır. Bu araştırmalar neticesinde üretilen direksiyon kolonuna çeşitli mekanik performans testleri uygulanmıştır. Bu testler, rotasyonel efor testleri, rotasyonel bağımsız dönme testleri, eksenel giriş mili kuvvet testleri ve radyal kuvvet testlerdir. Bu testler sonucunda geliştirilen prototipler belirlenmiş güvenlik kriterlerini geçmiştir. Ayrıca prototipler üzerinde mekanik dayanıklılık testleri yapılmıştır. Bu testler kapsamında şaft tertibatının burulma mukavemet dayanımı, eksenel dayanım, uzunlamasına kuvvet dayanımı, yan yük dayanımı, yorulma durumu, dönme aşınma durumu ve oksidasyon durumu tek tek test edilerek incelenmiştir. Bu testler esnasında geliştirilen sistem, üzerinde herhangi bir çatlak ve deformasyon olmadığı için başarılı sayılmıştır ve çalışma tamamlanmıştır.

KAYNAKLAR

[1] W.H. Dennis, Çeviren: Erman TULGAR,"Demirden Gayri Metaller Metalürjisi", Kisim I, ITÜ Kimya Metalürji Fakültesi Ofset Atölyesi, 1987.
[2] N. Ünal, Malzeme Bilgisi (Alasimlarin Iç Yapisi ve Özellikleri), Antalya, 1989.

[3] Ç. Karataş, Döküm Tekniği Hakkında Temel Bilgiler, Gazi Üniv. Teknik Eğitim Fak., 1999.
[4] F. Kiyoshi, Squeeze casting machine, Patent JP7232259 (A), 1995-09-05, 1995.
[5] L. Ho-Inn, K. Ki-Bae, H. Yo-Sub, K. Yong-Joon, "Perpendicularity squeeze casing machine", Patent KR960002219 (B1), 1996-02-13, 1996.

PERFORMANCE EVALUATION OF PANSHARPENING METHODS ON HYPERSPECTRAL IMAGES

Volkan Yılmaz
Artvin Coruh University, Engineering Faculty, Department of Geomatics Engineering
volkanyilmaz.jdz@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0685-8369

Abstract
Pansharpening, which aims at producing complementary images that contain the spectral and spatial characteristics of different images, is an essential task for many remote sensing applications. To date, a huge amount of pansharpening techniques have been introduced for such a purpose. Considering the previous work on this topic, it can be concluded that the majority of the previous studies applied different pansharpening strategies on multispectral images. However, a significant body of applications require the pansharpening of hyperspectral images. This, of course, arises the question as to which pansharpening method(s) can be used to achieve optimal pansharpening performance on hyperspectral images. Hence, this study investigated the performances of several state-of-the-art pansharpening methods on a hyperspectral image. The used pansharpening methods included the Ehlers, Gram-Schmidt (GS), Local Mean Matching (LMM), High-Pass Filtering (HPF), Band Dependent Spatial Detail (BDSD), à trous Wavelet Transformation (ATWT), Additive Wavelet Luminance Proportional (AWLP), Principal Component Analysis (PCA) and Modified Intensity-Hue-Saturation (MIHS). The results of the pansharpening methods were evaluated qualitatively and quantitatively. Evaluations revealed that the AWLP method achieved the best spectral quality, whereas the MIHS method produced the sharpest image of all. It was also concluded that all these methods can be used for pansharpening of hyperspectral images as each one of them managed either to keep the colour properties of the input hyperspectral (HS) data or to transfer the spatial structure of the input panchromatic (PAN) data to a certain degree.

Keywords: Pansharpening, image fusion, image enhancement.

1. INTRODUCTION

What kind(s) of imagery data should be used depends pretty much on the purpose of the remote sensing application. Images of high spectral resolution are needed in cases where high colour quality is required. Similarly, the analysts are willing to use images of high spatial resolution in applications that require a high spatial accuracy. On the other hand, a huge amount of real world applications require both high spatial accuracy and high colour quality. However, the analysts may have a difficulty in finding such images due to some technical and financial limitations. Pansharpening provides a powerful solution to this problem. Pansharpening combines the spatial features of a high-resolution panchromatic (PAN) image with the spectral features of a lower-resolution multispectral (MS)/hyperspectral (HS) image, producing a complementary image of the same spatial quality as the former and of the same colour quality as the latter.

A large body of pansharpening approaches have been developed to date. A pansharpening approach can be considered successful if it is able to preserve the colour features of the source lower-resolution data and to transfer the spatial features of the source high-resolution data (Yilmaz et al., 2019). However, previous research shows that all pansharpening methods have a difficulty in either keeping the colour balance or producing sharp images to some degree, which leads us to the fact that there is no such thing as the optimum pansharpening framework (Yilmaz et al., 2020). Hence, the analysts should be aware of the fact that it is inevitable to produce a pansharpened image of perfect colour and spatial structure quality. On the other hand, foreseeing the possible effects of a pansharpening method is only possible by knowing its working principle.

The conventional and state-of-the-art pansharpening techniques could be classified into four categories as multiresolution analysis (MRA)-based techniques, component substitution (CS)-based techniques, deep learning (DL)-based techniques and hybrid techniques. The MRA-based methods decompose the input panchromatic image and lower-resolution image into several sub-planes that include the spatial

and spectral features. These colour and spatial structure properties are fused with respect to some fusion rules. Finally, the pansharpened image is reconstructed through an inverse MRA transformation to the original image space. In spite of the fact that the MRA-based methods tend to retain the colour information, they generally suffer from colour deterioration (Serifoglu Yilmaz et al., 2019). The CS-based techniques project the input lower-resolution image into another space, where the spatial and spectral information is retained in multiple components. The process continues by substituting the input PAN image by the component carrying the spatial information. The pansharpened image is reconstructed with an inverse transformation to the original space (Loncan et al., 2015). The CS-based approaches are famous for their spatial feature transfer abilities. The DL-based methods reconstruct the pansharpened images through the use of neural networks trained with several sample images (Huang et al., 2015; Masi et al., 2016; Yuan et al., 2018). The use of metaheuristic search techniques to optimize the pansharpening performance is also another popular implementation of the current DL-based pansharpening strategies (Serifoglu Yilmaz et al., 2019; Yilmaz et al., 2019; Yilmaz et al., 2020). The hybrid methods utilize concepts from different categories of pansharpening approaches (Serifoglu Yilmaz et al., 2020).

Considering the previous work, it can be concluded that the majority of the previous studies applied different pansharpening strategies on MS images. However, pansharpening performances on HS images need further investigation. Hence, this study aimed to investigate the performances of several pansharpening methods on an HS image with the hope to give the readers (especially the inexperienced ones) some clues on which method(s) may be used for their applications.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1 Dataset Used

The HS dataset used in this study was acquired by Headwall's Hyperspec Visible and Near-Infrared sensor over Chikusei, Ibaraki, Japan in 2014. The dataset consists of 128 spectral bands ranging between 363 nm and 1018 nm in the electromagnetic spectrum. The spatial resolution of the input HS image and PAN image is 15 m and 2.5 m, respectively. The size of the input HS and PAN image is 50×50 pixels and 300×300 pixels, correspondingly. The HS dataset, which covers mainly agricultural and urban areas, was made available to the remote sensing community by Yokoya et al., (2016). Figure 1 demonstrates the test site.



Figure 1. Test Site

2.2 Pansharpening

This study pansharpened the input HS and PAN images using the Ehlers, GS, LMM, HPF, BDSD, ATWT, AWLP, PCA and MIHS methods.

3. RESULTS

Figure 2 shows the reference image, input images and pansharpened images produced from the input images. All images shown in this figure are displayed in RGB band combination. To evaluate the pansharpening results qualitatively, the colour consistency between each pansharpened image and reference image was examined. A pansharpened image is said to be of high colour quality if its colour

content resembles that of the reference data. As seen in Figure 2, all pansharpening methods yielded significant colour distortion. The ATWT and AWLP methods produced colours that corresponded well with the colours of the reference data. It was the GS and LMM techniques that had a good performance in this manner. The PCA, BDSD and Ehlers methods produced the most inconsistent colours. As for the spatial detail quality, the BDSD, PCA, HPF, GS and AWLP techniques led to the greatest amount of spatial detail deterioration. As also seen in Figure 2, the MIHS, and Ehlers techniques produced the sharpest images in the test site.

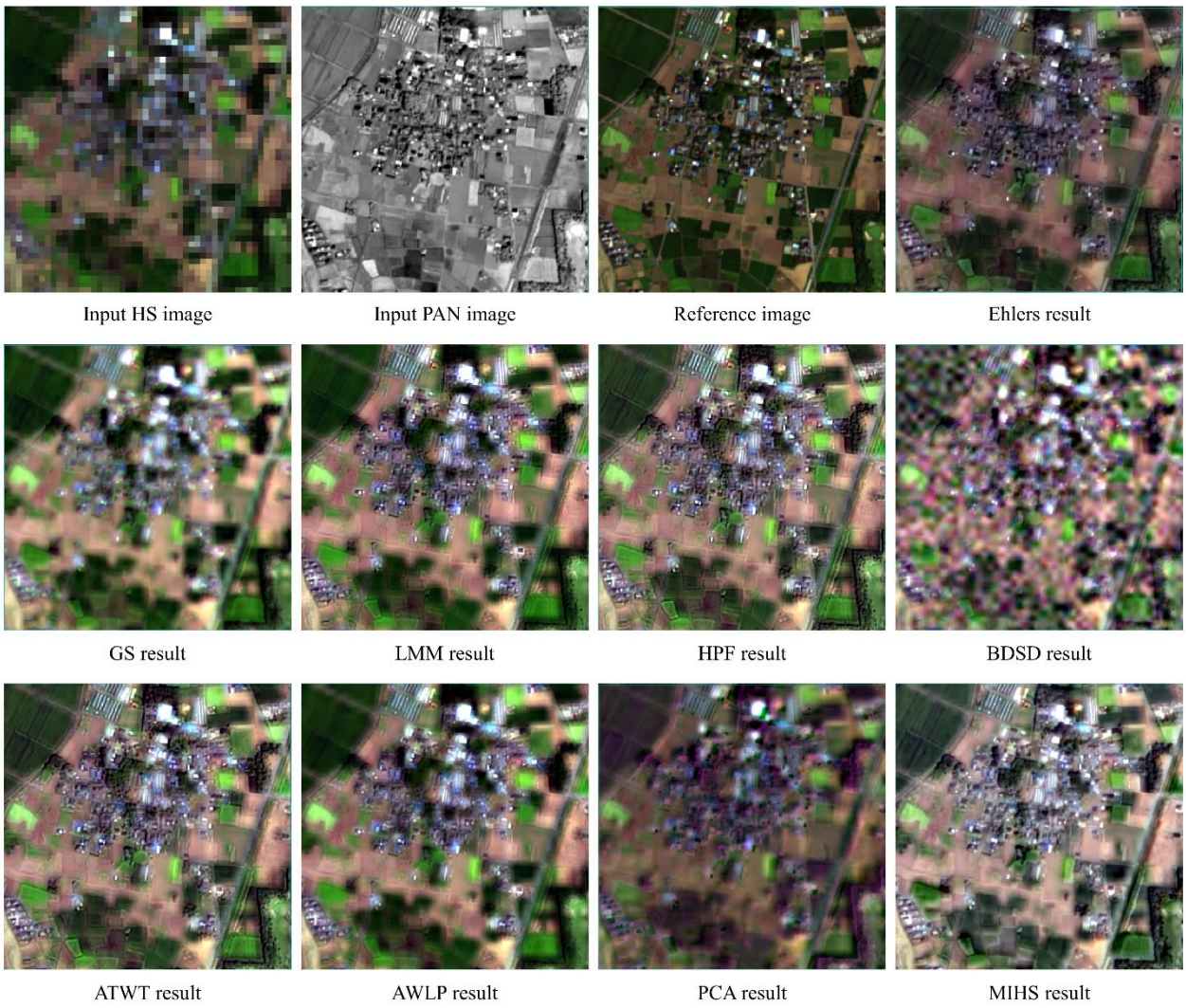


Figure 2. Pansharpening Results

Table 1 shows the spectral and spatial quality evaluation metrics calculated between the source data and pansharpened data. The AWLP algorithm got the optimal spectral evaluation metric values, which shows that this method achieved the optimal colour fidelity. The ATWT method achieved the second best colour quality. The PCA, BDSD, MIHS and Ehlers algorithms caused the greatest colour distortion. Table 1 also shows that all the methods used caused significant spatial distortions. However, the MIHS and Ehlers algorithms generated the images of optimal spatial fidelity, which is evident from the spatial quality evaluation metrics given in Table 1. The AWLP, ATWT, GS and HPF algorithms led to the highest amount of spatial deterioration in the test site, which is in good agreement with qualitative evaluation results.

Table 1. Quality Evaluation Metrics

Methods	Spectral quality			Spatial quality		
	SSIM	UIQI	CC	SSIM	CC	SCC
Ehlers	0.64	0.67	0.90	0.48	**0.62**	0.88
GS	0.83	0.85	0.93	0.31	0.40	0.30
LMM	0.91	0.93	0.96	0.30	0.40	0.12
HPF	0.93	**0.94**	0.96	0.29	0.41	0.08
BDSD	0.69	0.73	0.88	0.21	0.34	0.26
ATWT	0.93	**0.94**	0.96	0.31	0.42	0.11
AWLP	**0.94**	**0.94**	**0.97**	0.29	0.41	0.13
PCA	0.34	0.38	0.50	0.26	0.36	0.25
MIHS	0.76	0.79	0.88	**0.49**	0.57	**0.93**
Optimum	1	1	1	**1**	1	**1**

4. CONCLUSION

This study evaluated the performances of the pansharpening methods Ehlers, GS, LMM, HPF, BDSD, ATWT, AWLP, PCA and MIHS methods on hyperspectral images. The evaluations revealed that the ATWT and AWLP methods provided the optimal colour information, whereas the MIHS and Ehlers algorithms produced the sharpest images in the test site. Another important point inferred from the results is that the MRA-based methods achieved the optimum colour quality, whereas the CS-based methods achieved the optimum spatial structure fidelity, as expected. It can also be concluded that the pansharpening of hyperspectral images is very challenging, therefore, needs further efforts to get the optimum pansharpening success.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to thank Yokoya et al., (2016; 2017) for providing the imageries used in this study through Open Remote Sensing platform (https://openremotesensing.net/.

REFERENCES

Huang W, Xiao L, Wei Z, Liu H, Tang S. 2015. A new pan-sharpening method with deep neural networks. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters 12 (5), 1037-1041.

Loncan L, De Almeida LB, Bioucas-Dias JM, Briottet X, Chanussot J, Dobigeon N, Fabre S, Liao W, Licciardi GA, Simões M, Tourneret JY, Veganzones MA, Vivone G, Wei Q, Yokoya N. 2015. Hyperspectral pansharpening: A review. IEEE Geoscience and remote sensing magazine 3 (3), 27-46.

Masi G, Cozzolino D, Verdoliva L, Scarpa G. 2016. Pansharpening by convolutional neural networks. Remote Sensing 8 (7), 594.

Serifoglu Yilmaz C, Yilmaz V, Gungor O, Shan J. 2019. Metaheuristic pansharpening based on symbiotic organisms search optimization. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 158, 167-187.

Serifoglu Yilmaz C, Yilmaz V, Güngör O. 2020. On the use of the SOS metaheuristic algorithm in hybrid image fusion methods to achieve optimum spectral fidelity. International Journal of Remote Sensing 41 (10), 3993-4021.

Yilmaz V, Serifoglu Yilmaz C, Gungor O. 2019. Genetic algorithm-based synthetic variable ratio image fusion. Geocarto International (just-accepted), 1-18.

Yilmaz V, Serifoglu Yilmaz C, Güngör O, Shan J. 2020. A genetic algorithm solution to the gram-schmidt image fusion. International Journal of Remote Sensing 41 (4), 1458-1485.

Yokoya N, Grohnfeldt C, Chanussot, J. 2017. Hyperspectral and multispectral data fusion: A comparative review of the recent literature. IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine 5 (2), 29-56.

Yokoya N, Iwasaki A. 2016. Airborne hyperspectral data over Chikusei. Space Appl. Lab., Univ. Tokyo, Tokyo, Japan, Tech. Rep. SAL-2016-05-27.

Yuan Q, Wei Y, Meng X, Shen H, Zhang L. 2018. A multiscale and multidepth convolutional neural network for remote sensing imagery pan-sharpening. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing 11 (3), 978-989.

OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE DİJİTALLEŞME SONUCU İŞ GÜCÜ VERİM ANALİZİ

SEDEF AKYOL KILIÇ
Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı
sedefakyol92@gmail.com

İREM DÜZDAR ARGUN
Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği
iremduzdar@duzce.edu.tr

Özet
Günümüz çağında işletmeler yüksek verim, düşük maliyet, müşteri memnuniyeti ve en önemlisi ise zamandan kazanç elde etmek için dijitalleşme ile hızlı gelişen dünyaya uyum sağlamayı amaçlamaktadır. Dünya piyasalarında üretici firma sektörlerinin başında yer alan otomotiv sektörü de dijitalleşmede yerini almaktadır. Bu çalışmada incelenen firmada otomotiv yedek parçası üretiminde dijitalleşme ile Endüstri 4.0 a geçilmiştir. Bu süreçteki amaç şirket içerisindeki büyük verileri hızlı raporlayabilmek, iş gücü veriminde artış ve tezgahların online olarak izlenerek gelişme için hızlı aksiyon alınması amaçlanmıştır. Çalışmanın amacı, hattın verimliliği ölçebilmek, dijitalleşmeye geçiş ile eski durum ile yeni durum arasındaki farkların saptanıp yorumlanabilmesi ve aynı zamanda hat verimliliğinin analizinin yapılmasıdır. Üst düzey yöneticilere karar verme sürecinde kolaylık sağlamasından dolayı Kurosawa modellerinden oranlarla iş gücü verimliliği kullanılarak hat verimliliği hesaplanmıştır. 2018 ve 2019 yılın tamamı için yapılan analiz sonucunda dijitalleşmeye geçen şirketin iş gücü verimine olan katkıları eski ve yeni durum için yorumlanarak ele alınmıştır. Bu çalışmanın çıkarımları ile imalat firmalarında dijitalleşme adımlarına yol gösterici olması hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Dijitalleşme, Endüstri 4.0, Otomotiv Sektörü, Oranlarla İş Gücü Modeli

THE ANALYSIS FOR EFFICIENCY OF WORK FORCE AS RESULT OF DIGITIZATION IN THE AUTOMATIVE INDUSTRY

Abstract
Nowadays, the businesses try to adopt the fast improving for customer satisfaction, high efficiency, and low production costs and primarily in time. The leader of manufacturing industries, the automotive industry also takes place in digitization studies. In the firm, which is the subject of this study by digitization Industry 4.0, is applied in spare parts manufacturing for automotive industry. The aim of this process is fast reporting of big data, progress in the efficiency and taking fast actions by online monitoring the machines. This study aims to measure the efficiency of the line, to analyse it and to state and comment the differences between the past and new circumstances. The line efficiency is calculated by Kurosawa models by using work force efficiency with ratios method, because of the ability of providing the facility to the high management levels for decision making. The contributions to the work force efficiency are handled by to interpret the results of the analyses performed for years 2018 and 2019. The results of this study will be a road map for digitization studies for the manufacturing industries in the future.

Keywords: Digitization, Industry 4.0, Automotive Industry, Work Force Model with Ratios

1. GİRİŞ

İlk Sanayi Devrimi'nden sonraki devrimlerden bu yana, su ve buharla çalışan makinelerden, elektrik ve dijital otomatik üretime kadar, insanların makineleri basit, verimli ve kalıcı bir şekilde çalıştırabilmeleri için üretim sürecini daha az karmaşık, otomatik ve sürdürülebilir hale getirdiler. Endüstri 4.0 terimi, ürünlerin yaşam döngüsünün tüm değer zincirinde yeni bir organizasyon ve kontrol düzeyi olarak tanımlanan ve giderek bireyselleşen müşteri gereksinimlerine yönelen dördüncü sanayi devrimi anlamında kullanılmaktadır (Vaidya ve ark., 2018). Bir Alman stratejik girişimi olan Endüstri 4.0,

üretim teknolojilerinin yükseltildiği akıllı fabrikalar yaratmayı hedefliyor. Endüstri 4.0 bağlamında, üretim sistemleri akıllı bir seviyeye güncellenir. Akıllı üretim, dinamik ve küresel bir pazara hitap etmek için esnek, akıllı ve yeniden yapılandırılabilir üretim süreçleri elde etmek için gelişmiş bilgi ve üretim teknolojilerinden yararlanır. Tüm fiziksel süreçlerin ve bilgi akışlarının ne zaman ve nerede olursa olsun erişilebilir olmasını sağlar. Akıllı üretim cihazları veya makineleri etkinleştirmek için temel teknolojiler, geçmiş deneyimlere ve öğrenme kapasitelerine dayalı olarak farklı durum ve gereksinimlere yanıt olarak davranışlarını değiştirmektedir (Zhong ve ark., 2017).

Akıllı Fabrika, bir üretim çözümüdür. Böylece esnek ve uygulanabilir üretim sağlar. Dünya koşulları içerisindeki artan dinamik ve hızla değişen üretim tesislerindeki sorunları çözebilecek süreçlerde karmaşık hale gelecektir. Bu özel çözüm, otomasyonla ilgili olabilir. Üretimde yazılım, donanım ve mekanik alanlarındaki optimizasyonlar gereksiz iş gücü ve kaynak israfının azalmasıyla sonuçlanır. İnternet teknolojisinin hızlı gelişimi ile ve ağ sistemlerini düşünmek mümkündür. Özetle, akıllı makinelerin yakın gelecekte ki işleri, üretim süreçlerini ve üretim sistemlerini şekillendirecektir (Hozdić, 2015).

Firmalarda üretim planlama, internet tabanlı sistemler ile üretimi izleme, lojistik operasyonlarının takibi gibi konularda vakitten sağlanan kazanç ve doğru bilgiye ulaşmadaki kolaylıktan ötürü içerisinde yer alınan çağ ile endüstri 4.0 ‘a geçişi ihtiyaç olarak düşünmektedir. Farklı sektörlerde yer alan hizmet veya mal üreten işletmelerde rekabet ortamında tutunabilmek için Endüstri 4.0 teknolojileri ile tümleşik olarak prestijlerini bir üst düzeye taşımışlardır. (Zoroğlu ve Yıldız, 2013)

Büyük verileri raporlayabilmek ve geleceğe yönelik yatırım kararlarını doğru verebilmek adına işletmeler dijital çağa geçebilmeyi istemektedir. Çalışmanın yürütüldüğü otomotiv yedek parça üretimi yapan firmada müşteri memnuniyetini en önde tutarak, teknolojik olarak daima gelişmeyi hedefleyerek imalat performanslarında artış ve üretim takibinin izlenebilir olması nedeni ile akıllı fabrika sistemine geçmiştir. Bu çalışmada imalat performans göstergelerinden iş gücü verimliliği ele alınmış olup gelecek çalışmanın devamında ise toplam donamım etkinliğine değinilecektir.

İş gücü verimi ve toplam ekipman etkinliği ile ilgili alanlarda yapılan çalışmalar ve kullanım amaçlarından birkaçı incelenmiştir. Özsever ve ark. (2009) çalışmasında işletmede verimlilik analizin takibi için yazılım teknolojilerinden olan Microsoft Visual Studio.NET kullanılarak günlük üretim takip formu oluşturuluyor. Daha çok bu kullanım alanı küçük işletmelerde manuel olarak operatör girişi ile üretim kayıplarını kontrol etmek hem de geçmişe dönük verilerin saklanması amaçlı tasarlanan karar destek sistemidir. Gözlenen verileri oranlarla iş gücü modeli kullanarak nasıl hesaplanması gerektiği belirtilmiştir.

Kahya ve Polat (2007) çalışmasında Excel VBA ara yüzü tasarlanarak 28 gün boyunca 3 tezgah için üretim takip edilmiş ve tezgah verimlilikleri oranlarla iş gücü modeli ile hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda mesleki eğitime teşvik, motivasyon için liderlik özelliğine sahip usta başları ile çalışma, bilişim sistemlerine makine ve teknoloji bakımında yatırım yapılmasına karar kılınmıştır. Model ile istenilen bilgiye ulaşmada üst yöneticilere kolaylık sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Azizi (2015) çalışmasında fayans üretimi yapan firmada 6 aylık veriler incelendi. Mevcuttaki toplam ekipman etkinliği %22 olarak hesaplandı. SPC ile veriler incelenmiş ve otonom bakım için kök neden analizi yapıldı fırçalardaki toz nedeni otonom bakım formunda yeniden düzenlenmiş ve toplam ekipman etkinliği %26'lara yükseldiği görülmüştür.

Fam ve ark. (2017) tuvalet kağıdı üretimi yapan firmada Ocak 2015 - Aralık 2015 yılları arasındaki veriler üzerinde çalışılmıştır. Firmada maliyeti düşürmek, yüksek kalitede ürünler üretmek için yalın ekip kuruldu, Ishikawa balık kılçığı yöntemi ile 5 israf belirlendi. Değer akış haritalama yöntemi ile üretim tanıtılmış. Korelasyon analizi ile makine arıza süresi, uygunsuz makine ayar neden gecikme süresi, makine nedenleri üzerinde değişen kesinti, standartlaştırılmış işler, insan gücü ve Kaizen toplam ekipman etkinliği analizi hesaplanmış. R2=1,723 olarak hesaplanmış toplam varyasyonda toplam

ekipman etkinliği %74,77 olarak kaydedilmiştir. Firma makine ayar süresini ve makinenin arıza süresini azaltma ve düşük kaliteli kâğıtlar satın almamak için alternatif tedarikçi düşünmeye karar verilmiş.

Çelik, 2020, Çelik sektöründe faaliyet gösteren firmada 1 yıllık veri üzerinden israfı minimize etmek adına soğuk çekme hattından süreç hatalarını belirleyip Poka Yoke ile uygulanarak 12 Poka Yoke önleyici aksiyon alındı. toplam ekipman etkinliği %59,35 den %70,18 e yükselmiştir. Performans verilerine göre, hata kaynaklı 16362 dakikalık (272,7 saat) kayıp zaman kullanılabilir hale gelmiştir. Kalite problemleri kaynaklı üretilen ve teslim edilemeyen 1342 ton hatalı ürün için harcanan zaman (355,5 saat) kazanılmıştır. Diğer bir ifadeyle, Poka Yoke uygulamaları ile üretim hattında toplamda 628,2 saat/yıl (2512,8 ton) Kullanılabilir zaman elde edilmiştir.

Singh ve ark.(2020) şeker fabrikasındaki 4 ayrı istasyondaki genel verimliliğin arttırılması sağlanmıştır. Herkes görevine katkıda bulunarak küçük iyileştirmeler yapmış ve rutin basit işlerde hata yapılmamaya çalışılmıştır. Sonuç olarak iyileştirmelerle genel toplam ekipman etkinliği %2 ile %8 oranında artmış, kesinti 7 ile 22 dk azalmış, ret oranı 22-33 tona azalmış, ayar süresinin 2 ile 6 dk daha azaldığı görülmüştür.

Acar ve Çakırkaya (2018) makarna üretimi yapan firmada 1 aylık incelenen veriler doğrultusunda 2 adet uzun 2 adet kısa, toplamda 4 hattan 210 ton üretim kapasitene sahip hattın duruşları analiz edilerek neden durduğu ile ilgili plansız duruşlar otonom bakım kapsamında 4 saat 15 dk, 5s denetlemesi ile 1 saat 15 dk ve kalıp değişimi ile 30 dk iyileştirme yapılarak hat toplam ekipman etkinliği %93.8den %94,7'lere yükseldiği görülmüştür.

Literatür incelendiğinde bu çalışmada Endüstri 4.0 temel alması açısından ve 2018 yılından 2019 yılsonuna kadar 2 senelik günlük üretim takibinin gerçekleşmesi ile diğer çalışmalara göre fark yaratmış olacaktır. Çalışmada hattın dijitalleşme ile imalat performanslarından iş gücü veriminin nasıl etkilendiği ortaya konulmuş olacaktır.

2. METOT

Firmalar akıllı fabrika sistemine geçmesiyle beraber teknolojik faaliyetlerden yararlanmak istemişlerdir. Dijitalleşme ile firma gelişim düzeylerini görmek, analiz etmek ve daha iyi noktalara taşıyabilmek için gelecek planlarını hızlı ve kolay biçimde raporlayabilmek adına otomasyon sistemlerinden yararlanmıştır.
Şirketler akıllı fabrika sistemine geçerek,

- Üretimdeki anlık adet ve hurda miktarlarına erişimi sağlamak,
- Yetkin olmayan personelleri tespit ederek bu personellere gerekli eğitimlerin aldırılmasını organize etmek,
- Tezgâh ve personel verimliliklerini takip etmek,
- Yaşanan duruşların anlık olarak takip edilebildiği gibi geçmişe dönük olarak da takibini sağlayabilmek,
- İş merkezlerinde oluşan arızalar sonrası alternatif iş merkezine kaydırılmasında ki yaşanan kayıp zamanı azaltmak
- İş merkezlerine planlanan malzemelerin doğru bir biçimde yapılıp yapılmadığını kontrol edebilme (Tuğlu, 2017) yetkinliklerine kolay ve hızlı bir biçimde erişebilmek istediklerinden bu doğrultuda yatırımlar yapmışlardır.

Dijitalleşme ile üretimi hem görsel hem de anlık olarak takip edilmesine destek olan Andon sistemleri önemli bir yere sahip oldular. Andon sistemleri üretim çıktılarının daha kaliteli daha verimli hale gelmesini esas alan sistemdir. Tüm bu yapılandırmanın amacı ise çıktıları verimli hale getirmek, hataları ortaya koymak ve en önemlisi büyük verileri rapor haline getirmek ve raporlar sonucunda alınan kararların daha gerçeğe yakın sonuçlar olmasını hedeflemektedir. Andon sisteminin veri tabanı Excel ile uyumlu olduğundan alınan raporların çıktıları kolay erişilebilir hale getirilmiştir. Bu çıktılar sayesinde üretim adetlerine, yaşanan planlı plansız duruşlara, ekipman etkinliği oranlarına erişim olanağı sağlanmıştır. Aynı zamanda Andon sistemi anlık üretimin takip edilebilmesini ve üretim planına göre hatların uyum göstergelerinin izlenmesini sağlamaktadır (Zoroğlu ve Yıldız, 2013).

Bu çalışmada firmanın müşterilerine tam zamanında üretim yapması ilkesine ek olarak iş gücü verimliliğinin artışı hedeflenmiştir. Şirketin üretim yaptığı montaj hattında iş gücü verimi hesaplandıktan sonra hattın daha verimli çalıştırılması sorununa çözüm amacıyla otomasyon sistemine geçilmiştir. Bu doğrultuda yatırım yapılarak tezgâhların çalışma prensibi otomasyon sistemine aktarılmıştır. Firmanın otomasyon sistemine geçmesi ile hattın günlük iş gücü verimliliği Kurosawa modeli ile değerlendirilmiştir. Akıllı fabrika sistemine geçilmesi için atılan ilk adım olan dijitalleşme ile daha az personel sayısı ile aynı çıktıyı elde ederken iş gücü verimliliğinde ki artışlar da analiz edilmiştir.

2.1. Verimlilik Ölçüm Modelleri

Farklı amaçlar, farklı ürün tipleri ve farklı ölçüm birimleri için literatürde en yayın kullanım alanına sahip verimlilik ölçüm modelleri Tablo 1'de kısaca anlatılmıştır.

Tablo 1. En Yaygın Kullanılan Verimlilik Ölçüm Modelleri

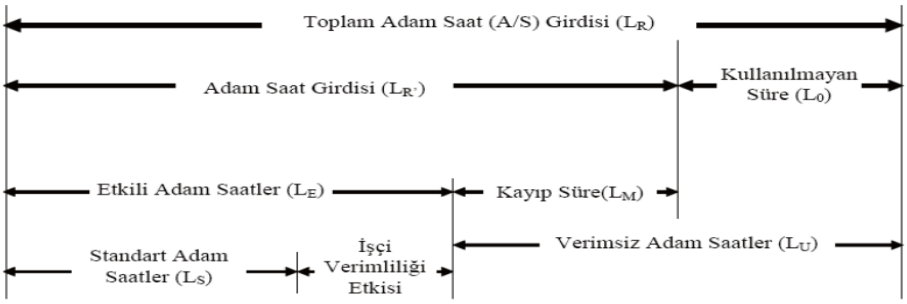
Yöntemin adı	Kullanılan Modeller	Kullanış Amacı
David J. Sumanth Modeli (Kahya ve Polat, 2007)	Ürün odaklı model ele alınır	Bireysel ürünler için toplam verimliliği ölçmek amacı ile kullanılır.
Veri Zarflama Analizi (Özsever ve ark. 2009)	Birden fazla girdi ile birden fazla çıktı elde edilen üretim tipi ele alınır.	Mal ya da hizmet açısından birbirlerine benzer ekonomik karar birimlerinin parametresiz etkinlik ölçmek için kullanılır
M.R. Ramsay Modeli (Özsever ve ark. 2009)	Hammadde ve malzemenin maliyeti ve çıktının maliyeti ele alınır.	Hammaddeyi malzeme veya hizmete dönüştürmede ne ölçüde etken olduğunu hesaplamak için kullanılır.
Jackson ve Petterson Yaklaşımı (Özsever ve ark., 2009)	Farklı iş tiplerine uygundur	Verimliliğe değer katan işlerin toplam zamana oranı ile zaman açısından verimliliği hesaplamak için ele alınır.
Kurosawa Modeli (Kahya ve Polat, 2007)	İşletmelere uygun işgücü verimliliği, kişi yıl verimliliği ve karlılık verimliği ölçümler için kullanılır	Verimlilik ölçüm ölçütleri olarak geçmiş analizi ve gelecek planlamalarını değerlendirmek için hesaplanan yöntemdir.

Model tipleri içerisinde personel verimliliğinin hesaplanmasına uygun olan metot Kurosawa modelidir. Bu çalışmada yer alan şirketin montaj hattı için hem mevcut iş gücünü hem de dijitalleşmeye geçtikten sonraki iş gücü verimliliğini hesaplama ve hesaplamaların sonuçlarını değerlendirebilmeye en uygun yöntemdir.

2.1.1. Kurosawa Modelleri

2.1.1.a. Oranlara İşgücü Verimliliği Modeli

Çalışanlardan sorumlu grup liderlerinin, iş gücünü doğru ve aktif bir biçimde kullanabilmesi, üst düzey yöneticilerine günlük raporlamalarında bilgileri daha kolay bir şekilde aktarabilmesi için oranlarla işgücü verimliliği modeli ele alınmıştır. Bu modelin kullanımının avantajlı olmasının nedenlerinden biri, eskiye dönük verilerin kolay erişilebilir olmasıdır. Kurosawa, modelin kolayca anlaşılabilmesi için, adam / saat yapısını açık bir şekilde tanımlamıştır. Kurosawa'nın oluşturduğu bu yapı Şekil-1'de verilmiştir (Özsever ve ark., 2009).



Şekil 1. Kurosawa'nın Adam-Saat Yapısı (Özsever ve ark. 2009)

Oranlarla işgücü verimliliği modeli verimlilik formülleri ise aşağıdaki şekildedir: (Özsever ve ark., 2009)

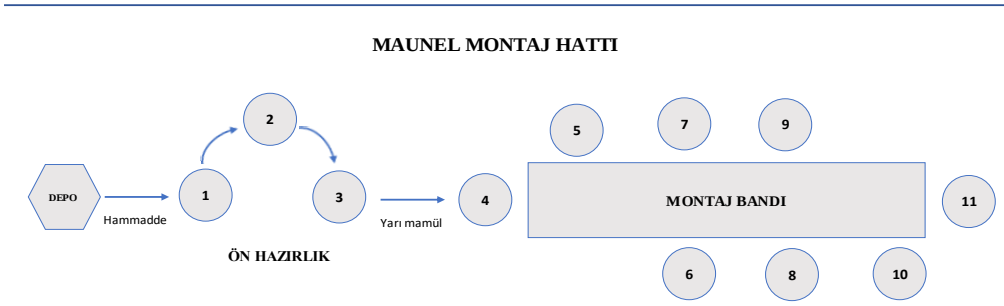
Etkili Adam Saat	$L_E = L_R - L_U$	(1)
Standart Adam Saat	Q * Standart Süre	(2)
Verimsiz Adam Saat	$L_U = L_{OY} + L_{OU} + L_{OO} + L_{OS}$	(3)
İşgücü Verimliliği	$P_L = L_S / L_E$	(4)
Yönetim Sorumluluğu Altındaki İşgücü Verimliliği	$P_{OY} = L_E / (L_E + L_{OY})$	(5)
Ustabaşı Sorumluluğu Altındaki İşgücü Verimliliği	$P_{OU} = L_E / (L_E + L_{OU})$	(6)
Operatör Sorumluluğu Altındaki İşgücü Verimliliği	$P_{OO} = L_E / (L_E + L_{OO})$	(7)
Seyrek Elemanlardan Kaynaklanan İşgücü Verimliliği	$P_{OS} = L_E / (L_E + L_{OS})$	(8)
Etkili Adam Saatlerin Toplam Adam Saatlere Oranı	$P_E = L_E / L_R$	(9)
Genel Süreç Verimliliği	$P_G = L_S / L_R$	(10)

3. UYGULAMA

Otomotiv yedek parça üretimi yapan firmada rekabet ortamında yer edinebilmek, düşük maliyet ile üretim gerçekleştirirken de işgücü verimliliğini ve toplam ekipman etkinliğini artırmak amacı ile akıllı fabrika sistemine geçiş öncesi ve sonrası çıktıları ele alınmıştır. Bu çıktılar ile firmanın verimlilik analizleri incelenmiş ve verimlilik artışları kaydedilerek hatların güncel durumu ortaya konulmuştur.

Bu çalışmada firmanın iş gücü verimliliğini hesaplamak için Kurosawa yöntemi kullanılmıştır. Diğer model tipleri içerisinde personel verimliliğini ele alan metot Kurosawa'nın. Hesaplamalar adam saat üzerinden incelenen verimlilik çalışması olmasından dolayı oranlarla iş gücü verimliliği modeli ele alınmıştır. Çalışmadaki veriler 2018 yılı Ocak itibari ile başlayıp 2019 Aralık sonu itibari ile gözlenmiştir.
Firma içerinde yer alan manuel hatlar otomasyon sistemine uyarlanmıştır. Manuel tezgâhlar için 2018 ve 2019 yılı, otomatik tezgah için ise 2019 yılındaki günlük iş gücü verimlilikleri hesaplanmıştır.

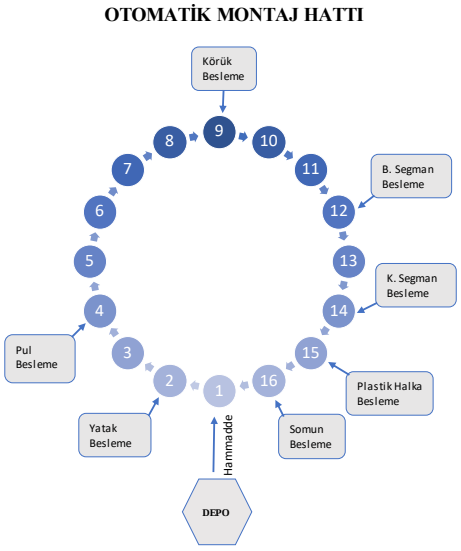
Şirketin kullandığı ERP sisteminde günlük girilen müşteri siparişleri planlama bölümü tarafına iş emri talebi olarak düşmektedir. Bu talepler planlamacılar tarafından iş emri olarak sistemde hat bazında oluşturulmaktadır. Her bir kodun hangi hatlarda yapılacağı ilk numune çalışmaları ile sipariş girilmeden önce sisteme girilmektedir. Oluşturulan iş emri gerekli tezgâhlara planlanarak, günlük depolara iş emri olarak teslim edilir ve işler depo personelleri tarafından hazırlanır. Deponun hazırladığı işler alana geldikten sonra manuel hatlarda yapılacak ise ilk önce masa ön hazırlığı olarak adlandırılan alanda işleme alınır. Operasyon aşık yağlanarak başlar sonrasında aşık yatağa çakılır daha sonrasında sıvama operasyonu tamamlanır. Masa ön hazırlığı için 3 personel bu işlemleri tamamlar. 8 istasyonlu montaj bandına gelen ürün için 11 masa personeli tarafından montajlama işlemini gerçekleştirilir. Hattın iş akışı Şekil-2 de detaylı olarak gösterilmiştir.



Şekil 2. Manuel Montaj Hattı İş Akış Şeması

1. İstasyon	Aşık Yağlama	5. İstasyon	Körük takma	9. İstasyon	Küçük segman takma
2. İstasyon	Aşığı yatağa çakma	6. İstasyon	Büyük Segman çakma	10. İstasyon	Plastik segman ve somun takma
3. İstasyon	Aşık çakılan yatağı sıvama operasyonu	7. İstasyon	Büyük Segman çakma	11. İstasyon	Silme-regale dizme
4. İstasyon	Aşık dip kısmını yağlama	8. İstasyon	Körük İndirgeme		

Otomatik hatta ise depo personeli tarafından hazırlanan işler alana bırakılır otomatik montaj makinesinin destek elemanı tarafından hatta ait olan 7 besleme ünitesi doldurulur. O sırada tezgâhta ki operatör gelen iş için makine ayarlamalarını gerçekleştirir ve ayarı tamamlanan tezgâh, operatör tarafından ilk istasyon adımı olan gövdeyi yerleştirerek başlatılır. Manuellerde yapılması gereken tüm adımları otomatik hat robotik sistem üzerinden istasyonlarda devam eder ve daha sonra tüm operasyonlarını tamamlanan ürünler çıkış hattından, tezgâh dışına konveyör sistemi ile sonlandırılır. Destek eleman yağını temizleyerek kasalara yerleştirir. Otomatik hat iş akışında 2 personel yeterli olmaktadır. Otomatik hattın iş akışı Şekil-3'de detaylı olarak gösterilmiştir.



Şekil 3. Otomatik Montaj Hattı İş Akış Şeması

1. İstasyon	Ürün yükleme	6. İstasyon	Gövdeyi 180 derece çevirme	11. İstasyon	Körük besleme -2	16. İstasyon	Somun takma
2. İstasyon	Aşık yağlama-Aşık besleme	7. İstasyon	Salınım kontrol	12. İstasyon	Büyük alt segman takma	17. İstasyon	Tahliye
3. İstasyon	Gövdeye yataklı aşık çakma	8. İstasyon	Aşık dip kısmını yağlama	13. İstasyon	Sızdırmazlık kontrolü		
4. İstasyon	Pul besleme	9. İstasyon	Körük (toz lastiği) koniği	14. İstasyon	Küçük alt segman takma		
5. İstasyon	Pres ile sıvama	10. İstasyon	Körük besleme -1	15. İstasyon	Plastik halka takma		

Dijitalleşmeye geçtikten sonra firma manuel tezgah ile üretim yapılmasını durdurmamıştır. Stratejik olarak sipariş adedi yüksek olan ürünlerin otomatik tezgahta yapılması, sipariş adedi düşük lotlara sahip ürünlerin ve çok tip ayar gerektiren işlerin ise manuel tezgahlarda devam etmesi kararı ile 2018 yılında tüm ürün tiplerinin manuel hatlarda üretildiği, 2019 yılında ise alınan karar doğrultusunda ürünlerin hat bazlı planlanarak üretim yapıldığı hali ile hesaplanmıştır.

Oranlarla İşgücü Modelin hesaplamasında izlenen yollar;
• (1) nolu denklemden montaj bandında çalışan sayısı belirlendi. Firmanın belirlediği çalışma saati 7,5 saat esas alındı. (3) nolu denklem için verimsiz adam saatlerini hesaplarken üretime katkıda bulunduğundan fazla mesai ve izin/rapor adam saat üzerinden (1) nolu formülde

L_e= (Toplam çalışan sayısı*7,5) – (İzin/Rapor (adam/saat) - Fazla Mesai (adam/saat))

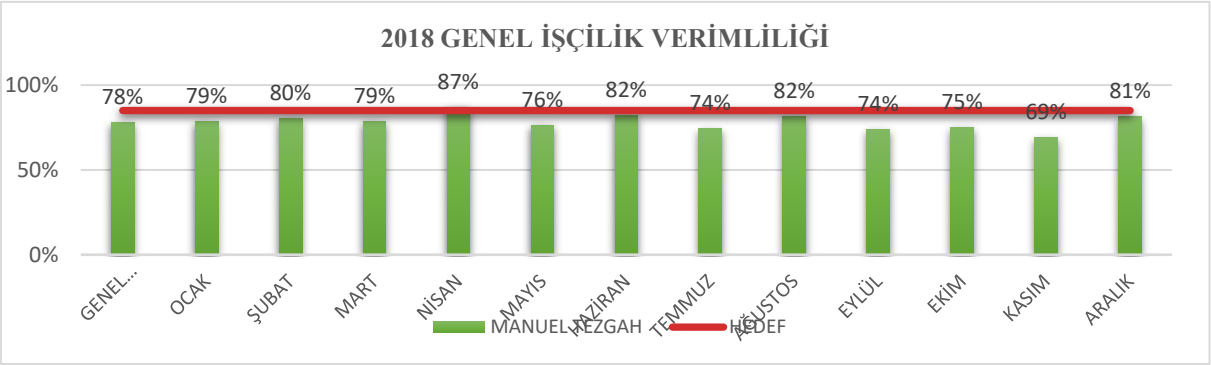
•(2) nolu denklem ile standart adam hesaplanmıştır. İşçilik süresi ve ekip sayısı arge tarafından belirlenen ERP sisteminde işlenen hazır veriler kullanılmıştır. Arge bu süreleri kronomentaj yönteminden destek alarak en optimal süreye göre belirlemiştir.

L_S= Üretilen Parça Adedi / (İşçilik Süresi/Ekip Sayısı)
•(4) nolu denklem ile iş gücü verimliliği hesaplanmıştır.
Tablo 2'de rastgele bir günlük hattın verimliliğinin nasıl hesaplandığını gösterilmiştir.

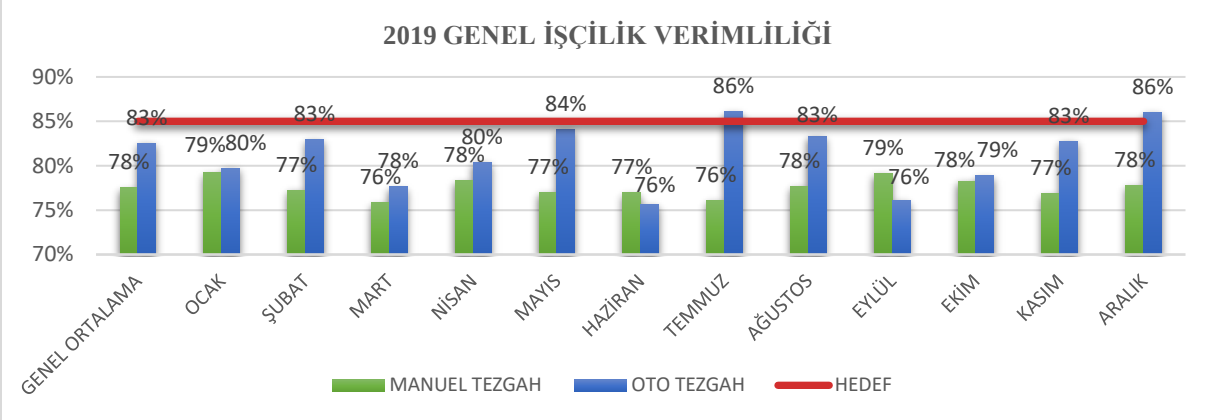
Tablo 2. Bir Günlük Örnek İş Gücü Verimliliği Hesabı

Denklem Kodu	HESAPLAMA	KOD Açıklama	1. GÜN
L_R	Toplam çalışan sayısı*Görevli saati	Toplam Adam Saat	=65*7,5
L_U (3) nolu denklem		Fazla Mesai Saat	16,5
	Mola, izin, devamsızlık	İzin/Rapor Saat	48
L_E (1) nolu denklem	Toplam adam saat – Verimsiz adam saat	Etkili Adam Saat	=(65*7,5)-(48-16,5)
L_S (2) nolu denklem	Üretilen parça sayısı*Standart süre	Standart Adam Saat	374
P_L (4) nolu denklem	Standart adam saat/Toplam adam saat	İş Gücü Verimliliği	=375/((65*7,5))-(48-16,5))

Günlük hesaplamalar sonucunda hatların aylık verimlilik ortalamaları Şekil 4 ve Şekil 5'de belirtilmiştir.



Şekil 4. 2018 Yılı Manuel Genel İşçilik Verimliliği



Şekil 5. 2019 Yılı Manuel ve Otomatik Genel İşçilik Verimliliği

Dijitalleşmeye geçen hat otomatik tezgah, dijitalleşme öncesi manuel tezgah olarak adlandırılmaktadır. Akıllı üretim sistemine geçtikten sonraki karşılaştırma Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3. Manuel ve Otomatik Tezgah Karşılaştırılması

	Manuel Tezgâh	Otomatik Tezgâh
İş gücü verimliliği	78%	83%
Personel Sayısı	17	2
Sipariş miktarı	Küçük adetli siparişler üretilecek	Büyük sipariş adetleri üretilecek
Ürün tipi	Her model çalışabilir	Her model tipini çalışamaz
Tezgah maliyeti	Tezgah yatırım maliyeti düşük	Tezgah yatırım maliyeti yüksek

4. SONUÇ

Dijital çağa yani Endüstri 4.0'a geçen üretici firmalar kalkınarak şirket faaliyetlerine devam etmektedir. Bu çalışmada ele alınan otomotiv sektöründe faaliyet gösteren firmada rekabet ortamında daha büyük pazar payına hitap edebilmek adına akıllı üretime geçmiştir. Firma akıllı üretime geçerek,

- Üretimin anlık Andon sistemiyle takip edilerek, gerekli aksiyonların hızlı karar verilmesi
- Büyük verilerin kolay raporlanabilmesi,
- Geçmişe dönük verilerin saklanabilmesi,
- İş gücü ve makine verimliliğinin hesaplanıp analiz edilebilme imkânı,
- Esnek ve dinamik üretim sisteminin kurulabilmesi avantajlarını elde etmiştir.

Bu uygulamada ki iş gücü dijitalleşme ile %78'den %83'lere ulaşmıştır. Gerekli personel sayısı 17'den 2'ye düştüğü görülmüştür. Şirket robot sisteme yatırım yaparak büyük sipariş hacmine sahip olan ürünleri daha verimli ve insan gücünden bağımsız üretim sisteme geçişi ile stratejik avantaja dönüştürmüştür. Böylece işleteme hattını daha verimli şekilde değerlendirmiştir. Gelecek çalışmada toplam ekipman etkinliği hesaplanıp, duruş nedenleri analiz edilerek iyileştirmeler yapılacak ve iyileştirmeler sonrasında hattın iş gücü verimi yeni hali ile kıyaslanacaktır.

TEŞEKKÜR

Teknorot Otomotiv Ürünleri Sanayi ve Ticaret A.Ş.'ye, bu çalışmayı yürütmek için verdikleri destek ve imkânlardan dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

AZIZI, A., (2015), Evaluation Improvement of Production Productivity Performance using Statistical ___Process Control, Overall Equipment Efficiency, and Autonomous Maintenance , *Science Direct* , 186-190.

ÇELİK, H., (2020), SÜREÇ HATALARININ ÖNLENMESİ İLE TOPLAM EKİPMAN ETKİNLİĞİNİN ARTIRILMASI: POKA YOKE METODOLOJİSİ, *ScienceDirect* , (7), 544-565.

Fam, S. F., Ismail, N., Yanto, H., Prastyo, D.D., and Lau, B.P., (2017), LEAN MANUFACTURING AND OVERALL EQUIPMENT EFFICIENCY (OEE) IN PAPER MANUFACTURING AND PAPER PRODUCTS INDUSTRY, 461-474.

Hozdić, E., (2015), SMART FACTORY FOR INDUSTRY 4.0: A REVIEW, *International Journal of Modern Manufacturing Technologies,* (7), 28-35.

KAHYA, E., ve POLAT, O., (2007), BİR İŞLETMEDE ORANLARLA İŞGÜCÜ VERİMLİLİK YÖNETİM SİSTEMİ TASARIMI, 245-254.

SINGH, S., SINGH, K., MAHAJAN, V., and SINGH, G., (2020), Justification of Overall Equipment Effectiveness (OEE) in Indian Sugar mill industry for attaining core excellence, *International Journal of Advance Research and Innovation*,, cilt no (8), 34-36.

ÖZSEVER, Ç., GENÇOĞLU, T., ve ERGİNEL, E., (2009), İŞGÜCÜ VERİMLİLİK TAKİBİ İÇİN SİSTEM TASARIMI VE KARAR DESTEK MODELİNİN GELİŞTİRİLMESİ , *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, (18), 45-58.

TUĞLU M. E., (2017), ENDÜSTRİ 4.0'IN BİR ALÜMİNYUM DÖKÜM FABRİKASINDA UYGULANMASI. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ, pp. 24.

VAIDYA, S., AMBAD, P., and BHOSLE, S., (2018), INDUSTRY 4.0-A GLIMPSE, *ScienceDirect*, 233–238.

ZHONG, R. Y., XUN, X., KLOTZ, E., and NEWMAN, S. T., (2017), INTELLIGENT MANUFACTURING IN THE CONTEXT OF INDUSTRY 4.0: A REVIEW, *ScienceDirect*, 616-630.

ZOROĞLU, B., YILDIZ M. S. (2013), *BİR OTOMOTİV YAN SANAYİ FABRİKASINDA ANDON SİSTEMİ VE UYGULAMASI*, 24.11.2020 tarihinde https://bariszoroglu.wordpress.com/2013/10/10/bir-otomotiv-yan-sanayi-fabrikasinda-andon-sistemi-ve-uygulamasi-andon-system-application-in-automotive-supply-industry/ adresinden alındı.

TEKSTİL ÜRETİMİNDE DİKİMHANE ATÖLYESİNDE HATA ANALİZİ UYGULAMASI

RABİA MELİKE DURAN
Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı
rabia33229@ogr.duzce.edu.tr Orcid ID: 0000-0003-2379-9727

İREM DÜZDAR ARGUN
Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği
iremduzdar@duzce.edu.tr Orcid ID: 0000-0002-7642-8121

Özet
Tekstil sektöründe, üretim sürecinde oluşan hatalar ürün kalitesini bozmakta, üretim verimliliğini olumsuz yönde etkilemektedir. İşletmelerde kaliteyi iyileştirmek ve üretim verimliliğini artırmak için kalitesizliğe sebep olan hataları tespit edip, önlemek gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı, dikim bölümündeki kontrol dışı durumları tespit ederek, kontrolsüzlüğe sebep olan faktörleri belirlemektir. Bu çalışma, kot pantolon üretimi yapan tekstil fabrikasına ait aylık dikim istatistikleri ile dikim sonucu ortaya çıkan hataların, istatistiksel kalite kontrol yöntemleri kullanılarak tespit edilmesini ve hataya sebep olan faktörlerin belirlenmesini içermektedir. Fabrikada bulunan dikimhane bölümüne ait aylık dikilen pantolon sayısı ile kalite kontrol bölümünden alınan aylık hata verileri kullanılarak 'Hata Kontrol Çizelgesi' oluşturulmuştur. Hataları analiz etmek için tanımlı 36 adet hata türü ile hata kontrol çizelgesinden elde edilen oranlara göre Pareto analizi yapılmıştır. Hataların %80'lik kısmının tüm nedenlerin %20'lik kısmından kaynaklandığı sonucuna varılmış ve dikim hatası olan 8 işlem ele alınmıştır. Bu sonuca göre, birim başına düşen kusur sayısını bulmak ve üretimin kontrol altında olup olmadığını belirlemek için İstatistiksel Kalite Kontrol Tekniklerinden C kontrol grafiği ile analizler yapılmıştır. Uzman görüşüyle birlikte Neden – Sonuç diyagramları oluşturulmuştur. Neden - Sonuç analizlerine göre İnsan faktörünün, diğer faktörlere oranla daha etkili olduğu anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İstatistiksel Kalite Kontrol, Neden – Sonuç Diyagramı, Pareto, Tekstilde Hata Analizi

A DEFECT ANALYSIS STUDY IN A TAILORING WORKSHOP FOR TEXTILE INDUSTRY

Abstract
The defects in the production process are harmful for the product quality and have negative effects on the process efficiency in the textile industry. To improve the quality and the efficiency of the production processes, determining and preventing these defects is necessary. The aim of this study is to specify the uncontrollable situations and their reasons in the workshop. The study is performed in a blue-jean pants producing factory to determine the sewing defects by employing the statistical quality control procedures using monthly production and sewing defect records. The monthly number of produced pants in sewing department and the monthly defects data are used to construct 'Defect Control Diagrams'. The identified 36 defect types and the ratios obtained from the Defect Control Diagrams are used for Pareto Analysis. It is seen that the 80% of defects are come from the 20% of reasons and 8 of the reasons are handled. Depending on this result, to find the number of defects per unit and to verify the production is under control or not, the analyses are performed by employing the C Control Diagrams. With the help of expert opinion cause and effect diagrams are prepared. Then, it is stated that the human factor has the majority between all the other reasons.

Keywords: Statistical Quality Control, cause and effect diagrams, Pareto Analysis, Defect Analysis in Textile Industry

1. GİRİŞ

Günümüzde tekstil sektörü dünyanın en büyük iş kollarından birisidir. Küresel rekabetçi pazarda şirketler, sürekliliği ve karlılığı koruyacak kalite konseptleri ile ilgilenmektedir (Ertuğrul & Özçil, 2014). Bu rekabet ortamında firmaların; gelişim ve değişimlere açık olması, müşteri istek, ihtiyaç ve beklentilerini yakından takip etmesi, hedeflenen ürün kalitesine ulaşması gerekmektedir. Üretim kalitesi

işletmeler için önemli bir avantaj unsurudur. Bir işletmede üretim kalitesinin yüksek olması fire ve tamir oranlarının azalmasını, dolayısıyla üretim zamanları ve kalite maliyetlerinin düşmesini sağlamaktadır. Ürün maliyetlerinin de azalmasıyla işletmeler kalite hatalarını yok etmek amacıyla özel bir çaba sarf etmektedirler. Tekstil üretiminde ürün kalitesini operatör, makine, malzeme, yöntem, çevre şartları gibi faktörler etkilemektedir. Üretimde kaliteden doğan hataların yok edilmesi için hata kaynaklarının saptanması ve hatanın önlenmesi için yöntemler geliştirmek gerekmektedir (Kırık, 2017).

Tekstil sektörü, dinamik yapısı nedeniyle ürün kalitesi değişkenliklerinin fazlaca görüldüğü sektörler arasındadır. Artan makineleşmeye rağmen üretimin emek yoğun olması, insan ve organizasyon kaynaklı üretim ve proses hatalarına yol açmaktadır. Ayrıca fazla üretimin gerçekleştiği zaman ortaya çıkan hatalar, ürün kalitesinde majör değişikliklere neden olabilmektedir (Yücel, 2007). Tekstil üretiminde dikim hatalarının analizi ile ilgili literatürde çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan Kayaalp ve Erdoğan'ın çalışmasında, İzmir ilinde bir tekstil firmasında hata oranlarının azaltılması için İstatistiksel Proses Kontrol Grafiklerinden P kontrol grafiği kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre kalitenin kontrol altında olmadığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak kontrol dışı zamanlara bakıldığında yıkama işlemi yapılan ürünlerde hata oranlarının arttığı tespit edilmiştir (Kayaalp & Erdoğan, 2009). Bir diğer çalışmada, Bursa'da faaliyet gösteren, elbise üretimi yapan bir işletmede hata analizleri ve istatistiksel proses kontrol yöntemlerinden P kontrol grafiği ile üretimin kontrol altında olup olmadığı incelenmiş, sonuç olarak %11,97 oranında üretimde hata tespit edilmiştir (Duran & Çetindere, 2012). İstatistiksel kalite kontrol tekniklerinin uygulanması sayesinde kalite kontrol süreçleri sayısal verilere dayandırılır, verilerin analiz ve yorumlanmasıyla ürün veya hizmet prosesi kontrol altına alınır ve bu sayede prosesin sürekli iyileştirilmesi sağlanmış olur (Ülen, 2010).

Yapılan çalışmalarda temel amaç, hataya sebep olan faktörleri belirleyerek gerekli iyileştirmeleri yapmak ve ürün kalitesini artırarak üretim maliyetlerini azaltmaktır. Bu çalışmada ele alınan dikim atölyesinde, dikim hatalarını tespit etmek, hatalara sebep olan faktörleri belirlemek ve doğru sonuca ulaşmak için alternatif çözüm önerileri belirlemek amaçlanmıştır. Çözüme ulaşan uygulamanın kalıcı olması için yapılması gereken aksiyonlar ve tüm bu faaliyetler sonucunda kalite ve verimliliğin artırılması bu sayede ekonomiye katkı sağlaması hedeflenmektedir.

2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada, hataların görünürlüğünü artırmak için dikimhane bölümüne ait Haziran 2019 – Ocak 2020 ayları arasında gerçekleşen aylık dikilen pantolon sayısı ile aylık hata verileri kullanılarak Hata Dağılım tablosu (Tablo 1) oluşturulmuştur. Hata dağılım tablosundaki veriler kullanılarak hataların dikim sürecinin hangi kısmında yoğunlaştığını belirlemek için Pareto Analizi yapılmıştır. Pareto analizi sonucu hataların %80'ini oluşturan işlemler belirlenmiştir. Bir ürünün hatalı olup olmaması niteliğini belirttiği için ve bir pantolon üzerinde birden fazla hata türü ortaya çıkması sebebiyle Pareto analizinden elde edilen veriler kullanılarak nitelik grafiği olarak kullanılan İstatistiksel Kalite Kontrol Grafiklerinden C Kontrol Grafikleri oluşturulmuştur. C kontrol grafiklerinde, örnek büyüklüğü sabit ve ürün üzerindeki hata sayıları ele alınmaktadır. C kontrol grafikleriyle prosesteki kontrol dışı durumlar tespit edilip, limit değerleri süreç kontrol altına girene kadar hesaplanır. Bu hesaplama, limit dışı kalan hataların tekrar etmesi durumunda, tekrar eden hataların üzerinden sonuç grafiği ile analiz yapılmasını sağlamaktadır. Daha sonra prosesteki kontrol dışı durumlar tespit edilip sebeplerine göre beyin fırtınası tekniğiyle uzman görüşü alınarak Neden – Sonuç diyagramları oluşturulmuştur. Neden – Sonuç Diyagramları sayesinde ortaya çıkan hataları makine, malzeme, metot, insan faktörlerine göre ele alıp yapılan tespitler sonucu çözüm önerileri ortaya konmuştur.

2.1. Hata Dağılım Tablosu

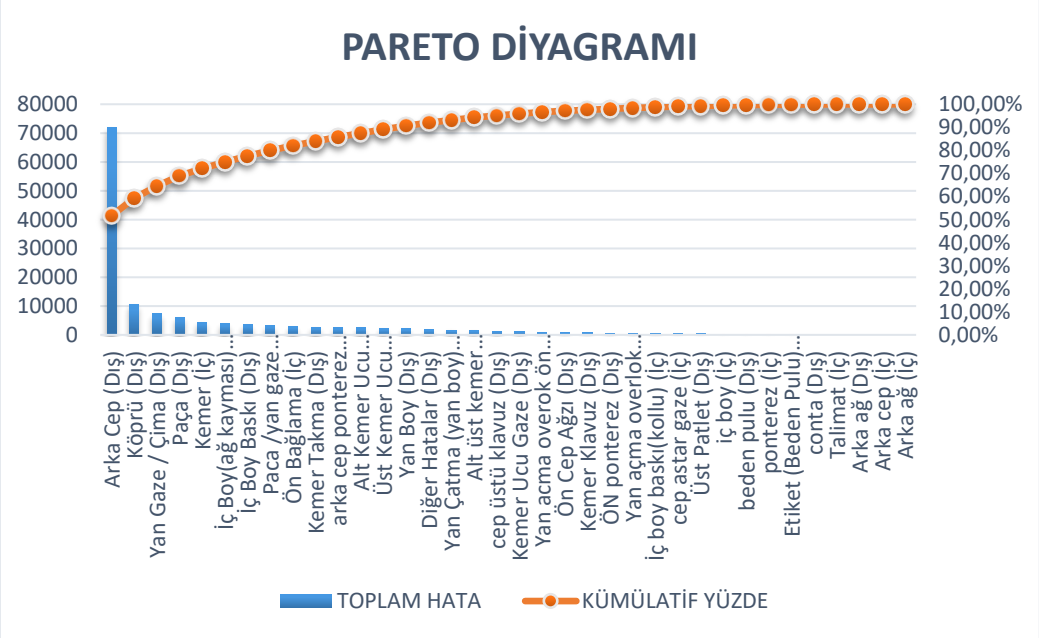
Dikimhane atölyesinde İç ve Dış Temizleme olmak üzere iki adet kalite kontrol gerçekleştirilmektedir. İç Temizleme, ürünün görünmeyen kısmındaki iplik fazlalığını temizleme, dikim hatası, simetri kontrolü gibi hata türlerini kontrol eden süreçtir. Dış Temizleme ise ürünün dış kısmında göze batan iplik fazlalığı, dikim hatası, yıkama sonucu renk farkı, simetri gibi hata türlerini kontrol eden süreçtir. Tablo 1 de atölyede tanımlı 36 adet hata türü ve aylara göre gerçekleşen hata adetleri ile aylara göre dikilen toplam pantolon sayıları görülmektedir. Sekiz aylık hata ortalaması %23 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 1. Hata Dağılım Tablosu

ÜRÜN ADI: PANTOLON												
ÜRETİM TARİHİ: HAZİRAN 2019- OCAK 2020 AYLARINA AİT HATA DAĞILIM TABLOSU												
ÜRETİM YERİ: DÜZCE												
HATALARIN CİNSİ		HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	OCAK	TOPLAM (∑)	HATA ORANI (%)	BİRİKİMLİ FREKANS (∑f)
1	Arka Cep (Dış Temizleme)	8337	12192	1199	9359	10826	10678	7877	11461	71929	51,66%	51,66%
2	Köprü (Dış Temizleme)	1040	1895	816	2104	1212	1017	1039	1502	10625	7,63%	59,30%
3	Yan Gaze / Çima (Dış Temizleme)	696	1033	362	1754	765	660	897	1159	7326	5,26%	64,56%
4	Paça (Dış Temizleme)	511	825	293	1574	671	539	633	1054	6100	4,38%	68,94%
5	Kemer (İç Temizleme)	482	722	193	727	570	442	383	747	4466	3,21%	72,15%
6	İç Boy(Ağ Kayması) (Dış Temizleme)	413	636	163	681	520	394	452	685	3944	2,83%	74,98%
7	İç Boy Baskı (Dış Temizleme)	372	601	160	640	383	334	439	640	3569	2,56%	77,54%
8	Paça /Yan Gaze Ponterez (Dış Temizleme)	367	551	158	559	363	334	419	519	3270	2,35%	79,89%
9	Ön Bağlama (İç Temizleme)	318	526	136	481	336	306	404	466	2973	2,14%	82,03%
10	Kemer Takma (Dış Temizleme)	302	444	135	426	284	289	371	457	2708	1,95%	83,97%
11	Arka Cep Ponterez (Dış Temizleme)	234	442	118	379	284	289	302	451	2499	1,79%	85,77%
12	Alt Kemer Ucu Bağlama (Dış Temizleme)	231	423	89	367	281	273	295	442	2401	1,72%	87,49%
13	Üst Kemer Ucu Bağlama (Dış Temizleme)	210	422	84	343	276	240	288	385	2248	1,61%	89,11%
14	Yan Boy (Dış Temizleme)	192	379	82	339	273	207	270	359	2101	1,51%	90,62%
15	Diğer Hatalar (Dış Temizleme)	191	363	76	331	143	203	263	308	1878	1,35%	91,97%
16	Yan Çatma (yan boy) (İç Temizleme)	180	335	73	254	120	170	258	277	1667	1,20%	93,16%
17	Alt Üst Kemer Eşitsizliği (Dış Temizleme)	168	257	64	253	97	100	236	264	1439	1,03%	94,20%
18	Cep Üstü Kılavuz (Dış Temizleme)	103	254	55	239	80	91	236	214	1272	0,91%	95,11%
19	Kemer Ucu Gaze (Dış Temizleme)	93	227	52	215	64	85	236	193	1165	0,84%	95,95%
20	Yan Açma Overok Ön (İç Temizleme)	90	155	42	182	58	81	140	101	849	0,61%	96,56%
21	Ön Cep Ağzı (Dış Temizleme)	80	143	39	146	55	62	137	87	749	0,54%	97,10%
22	Kemer Kılavuz (Dış Temizleme)	69	142	38	145	53	56	128	79	710	0,51%	97,61%
23	Ön Ponterez (Dış Temizleme)	61	123	23	109	47	54	108	73	598	0,43%	98,03%
24	Yan Açma Overlok Arka (İç Temizleme)	47	119	15	102	47	45	73	70	518	0,37%	98,41%
25	İç Boy Baskı (Kollu) (İç Temizleme)	40	116	12	80	46	41	72	68	475	0,34%	98,75%
26	Cep Astar Gaze (İç Temizleme)	36	99	10	72	43	34	56	52	402	0,29%	99,04%
27	Üst Patlet (Dış Temizleme)	31	79	9	54	38	29	31	35	306	0,22%	99,26%
28	İç Boy (İç Temizleme)	29	77	9	47	30	19	30	34	275	0,20%	99,45%
29	Beden Pulu (Dış Temizleme)	24	71	5	34	25	18	28	32	237	0,17%	99,62%
30	Ponterez (İç Temizleme)	23	42	1	33	12	15	13	30	169	0,12%	99,75%
31	Etiket (Beden Pulu) (İç Temizleme)	22	32	1	25	11	13	12	13	129	0,09%	99,84%
32	Conta (Dış Temizleme)	16	31	0	20	10	9	11	10	107	0,08%	99,92%
33	Tamirat (İç Temizleme)	6	19	0	12	9	9	3	9	67	0,05%	99,96%
34	Arka Ağ (Dış Temizleme)	4	12	0	0	2	1	3	3	25	0,02%	99,98%
35	Arka Cep (İç Temizleme)	4	6	0	0	1	1	2	2	16	0,01%	99,99%
36	Arka Ağ (İç Temizleme)	1	5	0	0	1	0	2	1	10	0,01%	100,00%
	TOPLAM HATA (∑)	15023	23798	4512	22086	18036	17138	16347	22282	139222		
	DİKİLEN PANTOLON (∑)	63259	87354	26468	89570	73259	81311	90617	85630	597468		
	HATA ORANLARI (%)	23,74%	27,24%	17,04%	24,65%	24,62%	21,07%	18,03%	26,02%	23%	100,00%	

2.2. Pareto Analizi

Pareto ilkesine göre uygunsuzluklar birçok nedene dayanır ve bu nedenlerin belirlenmesi, sorunun çözümünde çoğunlukla önemli rol oynamaktadır. Pareto, sorunların %80'inin sorunu oluşturan nedenlerin %20'sini ortadan kaldırarak çözüleceği fikrine dayanmaktadır (Koch, 1999). Bu çalışmada, soruna yol açan kök hataları belirlemek ve bu hatalar üzerinden çözüme daha kolay ulaşılabilmesi için Pareto Diyagramı kullanılmıştır. Şekil 1 de görülen Pareto Diyagramında tanımlı 36 hata türünden 8'i (%22), Arka Cep Takma, Köprü Takma, Yan Gaze Çima, Paça Kıvırma, Kemer Kapama, İç Boy (ağ kayması), İç Boy Baskı, Paça / Yan Gaze Ponterez hataları, tüm hataların %79,89 'unu oluşturmaktadır.



Şekil 19. *Pareto Diyagramı*

2.3. İstatistiksel Kalite Kontrol C Kontrol Grafiği

C Kontrol Grafiği, kusurlu sayısı kontrol grafiği, ürün üzerindeki hataların önemli olduğu, kontrol edilen parçaların hata sayısının ele alındığı proseslerde kullanılır (Ülen, 2010). Dikimhane atölyesinden alınan veriler kusurlu sayıları gösterdiği ve pantolon üzerinde çıkan dikim hatalarının verileri ele alındığı için C Kontrol Grafiği kullanılmıştır. İstatistiksel Kalite Kontrol Grafiklerinde örneklem seçimi Raosoft Anket Yazılım şirketinin web sitesi üzerinden hizmet verdiği Örnek Boyutu Hesap Makinesi 'ne ortalama örneklem sayısı, %95 güven aralığı, %1 hata payı girilerek hesaplanmıştır (Raosoft Database web survey software for gathering information, 2004). Evren sayısı 10000 in üzerinde olan Örneklem büyüklüğünü hesaplamak için kullanılan formül (Özdamar, 2003):

n: Örneklem büyüklüğü

P: Evrendeki X'in gözlenme oranı, Q (1-P): X'in gözlenmeme oranı

Z_α : α= 0.05, 0.01, 0.001 için 1.96, 2.58 ve 3.28 değerleri

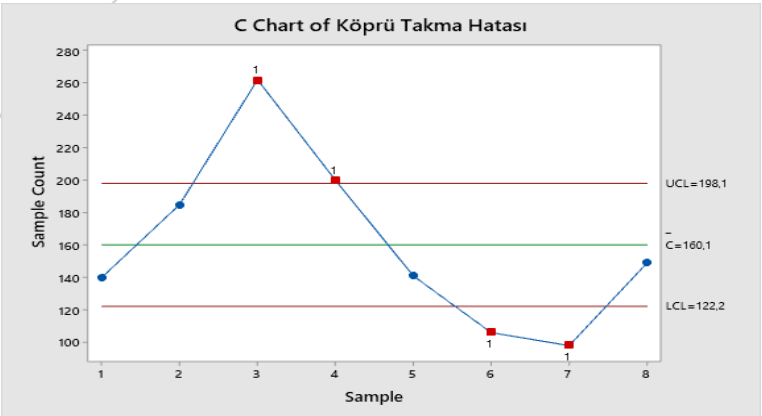
d= Örneklem hatası

σ= Evren standart sapması

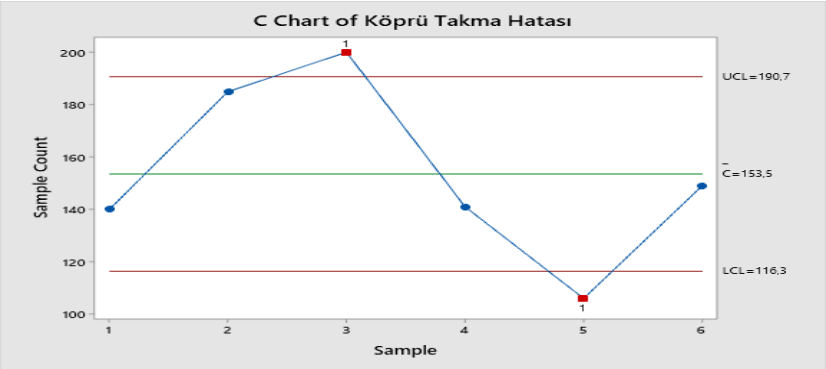
$$n = \frac{\sigma^2 \times Z_a^2}{d^2} \quad (1)$$

$$n = \frac{P \times Q \times Z_a^2}{d^2} \quad (2)$$

Örneklem sayısı 8510 olarak hesaplanmıştır. Alınan örnekleme göre hata sayıları tekrar hesaplanmış, Minitab programı yardımıyla hata türlerine ait C Kontrol Grafikleri oluşturulmuştur. Örnek olarak Köprü Takma ve Yan Gaze Çima Dikiş Hatası ele alınmıştır. Köprü Takma Süreci, pantolonun kemer kısmını birbirine bağlayan köprülerin dikişlerinden oluşmaktadır. Yan Gaze / Çima Dikişi, çima dikişinde iki parça birleştirdikten sonra düz yöne çevrilir ve birleştirme kısmının 1 mm kenarından üst dikiş yapılır. Süs dikişi olarak kullanıldığı gibi astarda kullanımında astarın dışa dönmesini engeller. Gaze dikişi ise yarım santim genişliğinde üst dikiş olup birleştirme payları alttan bir tarafa yatırılarak yarım santim genişliğinde oluşturulan dikiştir (Modelistlik, 2020). Köprü Takma Hatasına ait C kontrol Grafiği Şekil 2 de gösterilmiştir. 3, 4, 6 ve 7. ölçümlerde prosesin kontrol altında olmadığı anlaşılmıştır. Süreci kontrol altına almak için alt ve üst kontrol dışı noktaları çıkarıp süreç kontrol altına girene kadar yeni limitler tekrar hesaplanmıştır.

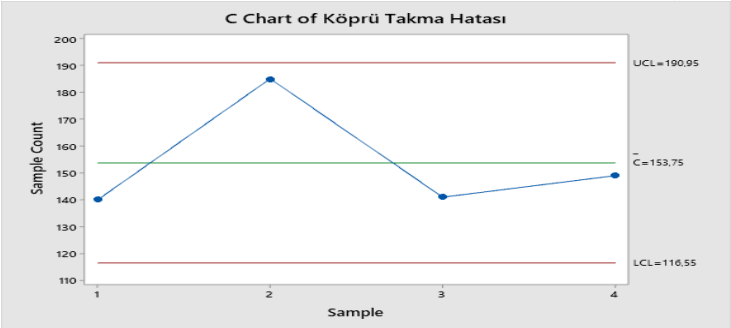


Şekil 20. Köprü Takma Hatasına Ait C Kontrol Grafiği



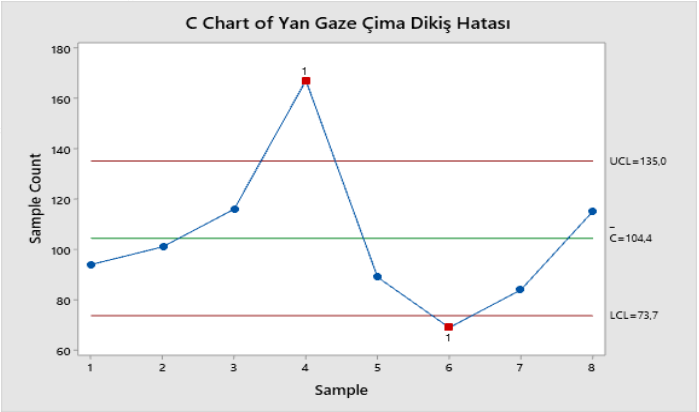
Şekil 3. Yeniden Hesaplanan Köprü Takma Hatasına Ait C Kontrol Grafiği

Limitlerin dışında kalan hataların tekrar etmesi sonucu hataların tekrar ettiği dönemlerde ortaya çıkan faktörleri değerlendirmek için oluşturulan neden sonuç grafiği ile analiz yapılmasını sağlamak için yeniden limitlerin hesaplandığı Köprü Takma Hatasına ait 3. ve 5. ölçümlerde proseslerin kontrol dışında olduğu Şekil 3 te görülmektedir. Kontrol dışı durum devam ettiği için tekrar limitler hesaplanmıştır. Sonuç olarak Şekil 4 te süreç kontrol altına girmektedir.

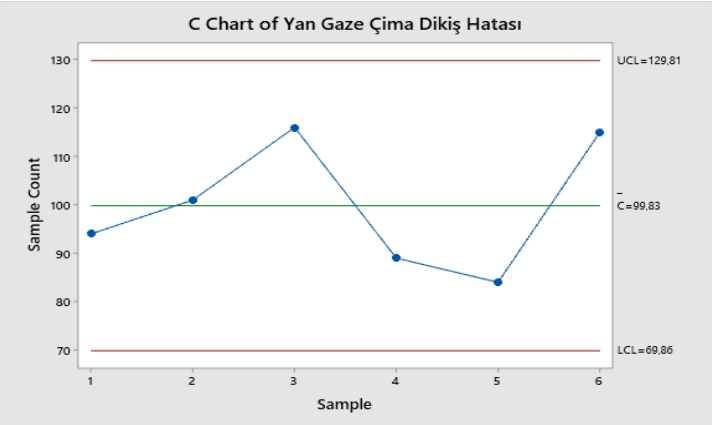


Şekil 4. Kontrol Altına Giren Köprü Takma Hatasına Ait C Kontrol Grafiği

Yan Gaze / Çima Dikiş Hatasına ait C Kontrol Grafiği Şekil 5 te verilmiştir. 4. ve 6. ölçümlerde süreç kontrol dışındadır. Hataların doğru bir şekilde analiz edilmesi için limitleri Minitab programına yeniden hesaplattığımızda sürecin kontrol altına girdiği Şekil 6 da görülmektedir.



Şekil 5. Yan Gaze Çima Dikiş Hatasına Ait C Kontrol Grafiği



Şekil 6. Yan Gaze Çima Dikiş Hatasına Ait C Kontrol Grafiği

2.4. Neden Sonuç Diyagramı

Neden Sonuç Diyagramı, belirli bir sonuç ile olası nedenler arasındaki ilişkiyi dolayısıyla kusurların nedenlerini ortaya çıkarmak ve bir süreci etkileyen faktörlerin bağlantılarını göstermek için hazırlanır. Balık kılçığı şeklinde oluşturulan detaylı şema Japon Ishikawa tarafından geliştirilmiştir ve genellikle Ishikawa Diyagramı olarak bilinmektedir (Suárez-Barraza & Rodríguez-González, 2019). Dikim hatalarına sebep olan faktörleri daha ayrıntılı incelemek ve faktörlerin hata kaynaklarına hangi etkenlerin etki ettiğini belirlemek için Neden Sonuç Diyagramları oluşturulmuştur.



Şekil 7. Hatalı Ürün Neden Sonuç Diyagramı

Beyin fırtınası tekniği ve uzman görüşüyle yapılan, dikimhane atölyesindeki tüm hatalı işlemler için ortak oluşturulan Neden – Sonuç Diyagramı Şekil 7 de görülmektedir. C kontrol grafiklerinden tespit edilen kontrol dışı zamanlardaki üretim ve sipariş türleriyle birlikte gözlem sonucunda, hatalı ürün için İnsan, Makine, Metot, Malzeme faktörlerine göre İnsan faktöründe kişinin yeterli deneyime sahip olmaması sonucu ortaya çıkan hatalar olduğu görülmektedir. Makine faktörüne göre ortaya çıkan ana hatalar kontrol eksikliklerinden oluşmaktadır. Makinelerin çalışan tarafından düzenli kontrol edilmesi, makine kaynaklı hataların önüne geçeceği sonucunu ortaya çıkarmıştır. Metot kaynaklı ortaya çıkan genel hatalar işin teknik talimatlara uygun yapılmaması sonucu ortaya çıkmaktadır. Malzeme kaynaklı ortaya çıkan hatalarda ise siparişlerde belirtilen kumaş ve ipliğin kullanılması sonucu ortaya çıkmaktadır. Örneğin; sipariş alınan pantolonun kumaş yapısının kalın veya ince olması dikim sürecini ve hataların ortaya çıkma durumlarını değiştirmektedir.

3. SONUÇ

Pareto Diyagramı sonucunda kümülatif yüzdelere göre 36 adet hata türünden 8 tanesinin kritik hata olduğu tespit edilmiştir. Firmada uzmanlar tarafından acil çözüm bulunması gereken 8 işlemden 2 tanesi bu çalışmada ele alınmıştır. Köprü Takma Hatasına ait İstatistiksel C Kontrol Grafikleri sonucunda hataların en fazla çıktığı ağustos ayında çıkan hatalar, izin döneminde yetkin personelin üretimde sayısının azalması ve aralık ayında çıkan hataların o dönem alınan sipariş farklılığından kaynaklandığı ortaya çıkmıştır. Yan Gaze / Çima Hatasının en fazla çıktığı Ekim ve Kasım aylarında personellerin gaze ve çima dikişi için diğer dikiş proseslerinden yer değişikliği yaptırıldığı bu yüzden grafiğin kontrol

dışı çıktığı tespit edilmiştir. Personel ve sipariş kaynaklı bu hataların ana sebeplerini ortaya çıkarmak için tüm hatalar göz önüne alınarak Neden - Sonuç diyagramları oluşturulmuştur. İstatistiksel Kalite Kontrol Grafikleri ve Neden - Sonuç Diyagramına göre ortaya çıkan hatalar:

- Dikkatsiz Dikim
- Personelin deneyimsiz olması dikim konusuna hakimiyet eksikliği
- Sipariş türlerine göre kalite kontrol titizliğinin değişmesi
- Makinelerin ayalarının kontrol eksikliği (personel ara ara kontrol etmeli)
- İç denetimin zayıf olması
- Meto sırasına (her pantolona verilen etiket numarasına) uyulmaması

olarak tespit edilmiştir.

4. TARTIŞMA ve ÖNERİLER

Hataların kök sonuçlarının ortaya çıkarılması sayesinde sektörün eksiklikleri görülmektedir. Emek yoğun çalışma sonucu çoğunlukla insan kaynaklı hataların diğer faktörlere göre fazla olması kaçınılmazdır. Hataların tekrar etmemesi için çalışan personelin mesleki ve teknik eğitimine ağırlık verilmesi, personelin kendi iç kontrol mekanizmasını sağlayacak eğitim ve bilgi birikimine sahip olması gerekmektedir. En fazla hata oranı çıkan Arka Cep Takma Hatası, otomasyon prosesi olduğu için ve bu çalışmada niteliksel kalite kontrol çalışması (hatalı – hatasız ürün) yapıldığı için ileride daha geniş çaplı bir çalışma yapılacaktır.

TEŞEKKÜR

REALKOM Tekstil'e, bu çalışmayı yürütmek için verdikleri destek ve imkânlardan dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Duran, C., & Çetindere, A. (2012). Konfeksiyon Sanayiinde Faaliyet Gösteren Bir İşletmede İstatistiksel Proses Kontrol Teknikleri İle Ürün Hatalarının Analiz Edilmesi. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 233-254.

Ertuğrul, İ., & Özçil, A. (2014). The application of 'p' and 'p-CUSUM' charts into textile sector in the statistical quality control process. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 9-14.

Kayaalp, İ. D., & Erdoğan, Ç. (2009). Konfeksiyon İşletmesinde Dikiş Hatalarının İstatistiksel Proses Kontrol Yöntemlerini Kullanarak Azaltılması. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 169-174.

Kırık, B. (2017). Bir Konfeksiyon İşletmesindeki Son Kontrol Hatalarının İstatistiksel Yöntemlerle Analizi. Tekirdağ.

Koch, R. (1999). *The 80/20 Principle: the secret to achieving more with less.* Crown Business.

Modelistlik, Y. Ü. (2020). *Dikiş Teknikleri*. Yeni Ümit Moda Akademisi: https://www.yeniumitmodelistlik.com/dikis-teknikleri/ adresinden alındı

Özdamar, K. (2003). *Modern Bilimsel Araştırma Yöntemleri.* Eskişehir: Kaan Kitabevi.

Raosoft Database web survey software for gathering information. (2004). Raosoft Sample Size Calculator: http://www.raosoft.com/samplesize.html adresinden alındı

Suárez-Barraza, M. F., & Rodríguez-González, F. G. (2019). Cornerstone root causes through the analysis of the Ishikawa diagram, is it possible to find them?. *International Journal of Quality and Service Sciences*, 302-316.

Ülen, M. (2010). Çok Değişkenli İstatistiksel Kalite Kontrolünün İlaç Endüstrisine Uygulaması. İstanbul.

Yücel, Ö. (2007). Konfeksiyon Üretiminde Hata Türü ve Etkileri Analizi. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 126-131.



IMASCON 2020 AUTUMN

www.imascon.com