

BİLTEK

21-22 Aralık 2019

ANKARA

ULUSLARARASI BİLİM, TEKNOLOJİ VE SOSYAL BİLİMLERDE GÜNCEL GELİŞMELER SEMPOZYUMU

TAM METİN KİTABI

"Uygulamalı Bilimler"

Editörler

Dr. Bülent HANER

Dr. Veli AKARSU

Cilt - 2



www.biltek.org

ISBN 978-625-7029-75-9

UYGULAMALI BİLİMLER TAM METİN KİTABI

Cilt - 2

BİLTEK

**ULUSLARARASI BİLİM, TEKNOLOJİ VE SOSYAL
BİLİMLERDE GÜNCEL GELİŞMELER
SEMPOZYUMU**

20-22 Aralık 2019

ANKARA

Editörler

Dr. Bülent HANER

Dr. Veli AKARSU

Bu kitabın tüm hakları İKSAD Yayınevi'ne aittir.

**ULUSLARARASI BİLİM, TEKNOLOJİ VE SOSYAL BİLİMLERDE
GÜNCEL GELİŞMELER SEMPOZYUMU**

20-22 Aralık 2019/Ankara

Yayın Tarihi: 29.12.2019
ISBN 978-625-7029-75-9

KONGRE KÜNYESİ

KONGRE ADI

**ULUSLARARASI BİLİM, TEKNOLOJİ VE SOSYAL BİLİMLERDE
GÜNCEL GELİŞMELER SEMPOZYUMU**

TARİH ve YER

20-22 Aralık 2019, Ankara/Türkiye

DÜZENLEME KURULU

Prof. Dr. Abdulhamit SİNANOĞLU

Dr. Cavit POLAT

Dr. Bauyrzhan BOTAĞARAYEV

Dr. Bülent HANER

Prof. Firuz FEVZİ

ULUSLARARASI YABANCI KONUŞMACILAR

A.САРБАЛИНА – KAZAKİSTAN (s.328)

Қазақ Ұлттық Қыздар Педагогикалық Университеті

Prof. Dr. Hasan ARMAN – Birleşik Arap Emirlikleri (s.140)

United Arab Emirates University

Assoc. Prof. Dr. Shankar L. Laware - INDIA (s.119)

Pune University, Fergusson College

Doç. Dr. Ülviyyə ƏFƏNDİYEVA

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti-Azərbaycan

Prof. Gulnar YULDYBAYEVA

Rusya Bilimler Akademisi- Rusya

Kamalbek BERKİMBAYEV

International Kazakh-Turkish University by HodjaAhmetYassawi - Kazakistan

Assist. Prof. Dr. Baan Jafar Sadiq

University of Baghdad

*We are thankful to all scientific committee members for them to selected invaluable papers...
Çok değerli eserlerin kongremize kazandırılmasında emeği geçen tüm bilim ve danışma kurulu üyelerimize yürekten teşekkür ederiz...*

**BİLİM VE DANIŞMA KURULU
SCIENTIFIC ADVISORY COMMITTEE**

Prof. Dr. Anatoliy LOGİNOV
Ukrayna Şevçenko Lugan Milli Üniversitesi

Prof. Dr. Caner KARAVİT
Mimar Sinan Üniversitesi

Prof. Dr. Dzhakipbek Altaevich ALTAYEV
Al – Farabi Kazak Milli Üniversitesi

Prof. Dr. Mustafa TALAS
Ömer Halisdemir Üniversitesi

Prof.Dr.Mehmet Zeki AYDIN
Marmara Üniversitesi

Prof. Dr. Sarash KONYRBAEVA
Kazak Devlet Kızlar Pedagoji Üniversitesi

Prof. Dr. Salih MERCAN
Bitlis Eren Üniversitesi

Prof. Dr. Vecihi SÖNMEZ
Batman Üniversitesi

Doç. Dr. Ahmet H. ERTAŞ
Bursa Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Alaaddin VURAL
Gümüşhane Üniversitesi

Doç.Dr. Alpaslan Hamdi KUZUCUOĞLU
İstanbul Medeniyet Üniversitesi

Doç. Dr. Aylin MENTİŞ KÖKSOY
Ege Üniversitesi

Doç. Dr. Ceren YEGEN
Mersin Üniversitesi

Doç. Dr. Dinara FARDEEVA
Rusya Bilimler Akademisi

Doç. Dr. Elvan YALÇINKAYA
Erciyes Üniversitesi

Doç. Dr. Erdem GÜVEN
Kastamonu Üniversitesi

Doç. Dr. Ferit GÜRBÜZ
Hakkari Üniversitesi

Doç. Dr. Füsun ERDURAN NEMUTLU
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Doç. Dr. Günay Abdiyeva ALİYEVA
Azerbaycan OHAL Bakanlığı

Doç.Dr. Gökhan KÖK
Ege Üniversitesi

Doç. Dr. H. Eylem KAYA
Süleyman Demirel Üniversitesi

Doç. Dr. Kasım KARAMAN

Erciyes Üniversitesi

Doç. Dr. Metin KOPAR

Adıyaman Üniversitesi

Doç. Dr. Nazan Deniz YÖN ERTUĞ

Sakarya Üniversitesi

Doç. Dr. Osman Kubilay GÜL

Cumhuriyet Üniversitesi

Doç. Dr. Zekeriya NAS

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi

Dr. Abidin ŞAHİNOĞLU

Çankırı Karatekin Üniversitesi

Dr. Ahmet GÜMÜŞ

Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü

Dr. Ahu PAKDEMİRLİ

İzmir Demokrasi Üniversitesi

Dr. Aysun ORAÇ

Selçuk Üniversitesi

Dr. Ayşenur ERDİL

İstanbul Medeniyet Üniversitesi

Dr. Bauyrzhan BOTAKARAYEV

H.Ahmet Yesevi Uluslararası Kazak-Türk Üniversitesi

Dr. Bayram BOLAT

Ömer Halisdemir Üniversitesi

Dr. Bülent BAYRAKTAR

Bayburt Üniversitesi

Dr. Bülent HANER

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

Dr. Cansu AKBULUT

Sakarya Üniversitesi

Dr. Cavit POLAT

Iğdır Üniversitesi

Dr. CELAL ASLAN

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi

Dr. Cihandar HASANHANOĞLU

Başkent Üniversitesi

Dr. Çetin Önder İNCEKARA

BOTAŞ Genel Müdürlüğü

Dr. Dursun EKMEKÇİ

Karabük Üniversitesi

Dr. Ebubekir DİRİCAN

Aydın Üniversitesi

Dr. Ebru HARMANDAR

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi

Dr. Eda ERMAĞAN ÇAĞLAR

Northampton Üniversitesi

Dr. Ekrem Mesut SU

Milli Eğitim Bakanlığı

Dr. Eren ÖGÜT

Bahçeşehir Üniversitesi

Dr. Esra Fırath TÜRKER

Anadolu Üniversitesi

Dr. Günseli GÜMÜŞEL

Atılım Üniversitesi

Dr. Gülden ELEYAN

Avrasya Üniversitesi

Dr. Güller ŞAHİN

Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi

Dr. Hale H. Turhangil ERENLER

Başkent Üniversitesi

Dr. Hale Nur GÜLER

Yapı Kredi Bankası

Dr. Hare KILIÇASLAN

Karadeniz Teknik Üniversitesi

Dr. İshak ERTUĞRUL

Muş Alparslan Üniversitesi

Dr. İlkül KAYA ZENBİLCİ

Yozgat Bozok Üniversitesi

Dr. İskender DAŞDEMİR

Ege Üniversitesi

Dr. Kerem ASMAZ

Yıldız Teknik Üniversitesi

Dr. Leyla ÇİMEN

Erciyes Üniversitesi

Dr. Murat EYVAZ

Gebze Teknik Üniversitesi

Dr. Murat Buğra TAHTALI

İnönü Üniversitesi

Dr. Merdin DANIŞMAZ

Ahi Evran Üniversitesi

Dr. Merve ŞAMLI

Ulusal Gıda Referans Laboratuvar Müdürlüğü

Dr. Niyazi AYHAN

Kırgızistan Türkiye Manas Üniversitesi

Dr. Onur DEMİREL

Arkel Elektrik A.Ş.

Dr. Ömer Faruk DERİNDAG

İnönü Üniversitesi

Dr. Sefa Emre YILMAZEL

Bayburt Üniversitesi

Dr. Volkan HAN

Aksaray Üniversitesi

BİLTEK

ULUSLARARASI BİLİM, TEKNOLOJİ VE SOSYAL BİLİMLERDE GÜNCEL GELİŞMELER SEMPOZYUMU

20-22 Aralık 2019

ANKARA

Kongremiz Ankara ALBA OTEL'de yapılacaktır

Adres: Kızılay, Kocatepe Mahallesi, Yüksel Cd. No:19, 06000 Ankara

Telefon: (0312) 419 10 20

Kızılay Merkez'e 200 m. mesafededir

PROGRAM

KONGRE GENEL KURALLARI

Kongrenin ilk günü gelerek kayıt yaptırmanız GEREKMEMEKTEDİR.

Kayıt masası kongre süresince 08:20-18:00 saatleri arasında hizmet verecektir. Kayıt masasında yoğunluk ve sıkışıklık yaşanmaması için sunum gününüzde oturumunuzdan yarım saat öncesinden gelerek kayıt yaptırabilirsiniz.

Sunum sıralamasının belirlenmesi, ara verilmesi ve oturuma ilişkin tüm hususlarda düzenleme kurulunu temsilen OTURUM BAŞKANLARI tam yetkilidir

Katılım belgeleri oturum sonunda, oturum Başkanı tarafından verilecektir Her bir sunum için 15 dk. ayrılmıştır.

Oturumlar programda belirtilen saatte başlayacaktır. Katılımcıların gecikmeksizin oturuma katılmaları gerekmektedir

Sunumlarınızda kitabi teorik bilgi ve tanımlardan kaçınarak, çalışmanızın özüne odaklanmanızı öneririz.

Sunumlarınızı (versiyon değişikliklerinden kaynaklanacak olumsuzluklardan etkilenmemeniz için) hem Power Point hem PDF olarak kaydederek yanınızda bulundurunuz.

Sunum bilgisayarlarına çok sayıda katılımcıya ait flaş bellekler takılacağı için Flaş Belleğinize virüs bulaşması ihtimali yüksektir. Bu sebeple içerisinde özel dosyalarınızın, tüm akademik çalışmalarınız, fotoğraflarınız vs. gibi bilgilerin olduğu Flaş Belleğiniz yerine başka bir flaş bellek kullanmanızı öneririz

Kongrelerde bazı flaş bellekler zaman zaman sunum bilgisayarları tarafından okunmayabilmektedir. Bu sebeple PPT ve PDF şeklinde hazırladığımız sunumlarınızı aynı zamanda MAİL adresinizde de bulundurmanızı öneririz

Bu programda sunumunuzun bulunduğu sayfanın çıktısını yanınızda bulundurunuz

KATILIMCI ÜLKELER: TÜRKİYE, HINDISTAN, AVUSTURYA, KAZAKİSTAN, AZERBAYCAN, BAE,

20.12.2019

Saat: 09.00-11.30/ CUMA

Salon: 1, Oturum-1	Oturum Başkanı: Doç. Dr. Murat ÖZCAN
Dr. Öğr. Üyesi Abuzer KALYON	MISIR MİLLİ KÜTÜPHANESİNDE BULUNAN TÜRKÇE YAZMA ESERLERE ULAŞIM SORUNU HAKKINDA BİR DEĞERLENDİRME
Dr. Öğr. Üyesi Abuzer KALYON	PROF. İHSAN EFENDİ’NİN MISIR MİLLİ KÜTÜPHANESİ TÜRKÇE YAZMA ESERLER KATALOĞUNA KATKILARI
Dr. Arş. Gör. Gülperi MEZKİT SABAN	ÖZAY GÖNLÜM’ÜN MEKTUPLARINDA DENİZLİ YÖRESİNİN GELENEK VE GÖRENEKLERİ
Dr. Arş. Gör. Gülperi MEZKİT SABAN	BULDAN BEZİ’NİN KÜLTÜR EKONOMİSİ BAĞLAMINDA GERLENDİRİLMESİ
Prof. Dr. Faik KANATLI Öğr. Gör. Yunus Emre ÇEKİCİ	DİL SOSYALLEŞMESİ BAĞLAMINDA TÜRKÇE EĞİTİMİNİN GELECEĞİ
Mustafa Sarper ALAP	OSMANLI TÜRKÇESİ DERSLERİNDE YAŞANAN SIKINTILAR VE ÇÖZÜM YOLLARI
Dr. Fatma Betül ASLAN Doç. Dr. Murat ÖZCAN Doç. Dr. Gürkan DAĞBAŞI	ZEKERİYA TAMİR’İN ‘ONUNCU GÜNDE KAPLANLAR’ ADLI ÖYKÜSÜNÜN ARAPÇADAN TÜRKÇEYE ÇEVİRİSİNDEKİ DEYİMLERİN EŞDEĞERLİK BAĞLAMINDA İNCELENMESİ
Doç. Dr. Murat ÖZCAN Doç. Dr. Gürkan DAĞBAŞI	AVRUPA ORTAK BAŞVURU METNİ BAĞLAMINDA İMAM-HATİP LİSELERİ İÇİN HAZIRLANMIŞ ARAPÇA ÖĞRETİM KİTAPLARINDA ÇOK KÜLTÜRLÜLÜK İMGELERİ
Prof. Dr. Arda ARIKAN Mehmet AKGÜL	JAMES CLARENCE MANGAN’IN “DUL” BAŞLIKLİ ŞİİRİNİN TERCÜMESİ VE TARİHSEL GERÇEKLERLE MUKAYESELİ OLARAK BİR İNCELEMESİ
Hünkar BALLYEMEZ Prof. Dr. Arda ARIKAN	JAMES CLARENCE MANGAN’IN “MISIR” BAŞLIKLİ ŞİİRİNİN TARİHSEL GERÇEKLER BAĞLAMINDA BİR İNCELEMESİ
Dr. Öğr. Üyesi Seval Deniz KILIÇ	MATEMATİK ÖĞRETMEN ADAYLARININ PARALELKENAR KONUSU BAĞLAMINDA TEORİ KULLANMA KATEGORİLERİNİN ARAŞTIRILMASI
Sümeyra TEMİZHAN	ÖZEL YETENEKLİ ÖĞRENCİLERİN ÖĞRETİM ORTAMLARININ ZENGİNLEŞTİRİLMESİ SOSYOBİLİMSEL BİR DÜŞÜNCE DENEYİ: ANAHTAR

20.12.2019

Saat: 09.00-11.30/ CUMA

Salon: 2, Oturum-1	Oturum Başkanı: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa TOSUN
Ayyüce ÜYÜK Dr. Öğr. Üyesi Ömer K. ÖRÜCÜ Sena PALAMUT Almira UZUN	ARAZİ ÖRTÜSÜ VE ARAZİ KULLANIMLARINDAKİ DEĞİŞİMİN CORINE VERİLERİNE GÖRE İRDELENMESİ, DENİZLİ ÖRNEĞİ
Çağıl ÇARDAK Dr. Öğr. Üyesi Ömer K. ÖRÜCÜ Almira UZUN E. Seda ARSLAN	CORINE VERİLERİ İLE ANTALYA İLİ 1990 - 2018 YILLARI ARASINDA ARAZİ ÖRTÜSÜ DEĞİŞİMİNİN ANALİZİ
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet AKTAŞ	DESIGN AND PRODUCTION OF HYBRID POWER GENERATION SYSTEM USING DARRIEUS AND SAVONIUS TURBINES
Dr. Yağmur KIRÇIÇEK Dr. Öğr. Üyesi Ahmet AKTAŞ	INTEGRATION OF HYBRID POWER GENERATION SYSTEM WITH ENERGY STORAGE UNIT CONSISTING OF BATTERY AND ULTRACAPACITOR
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa TOSUN Dr. Öğr. Üyesi Ömer KASIM	ELEKTROANSEFALOGRAF SİNYALLERİNİN GÜÇ SPEKTRUM YOĞUNLUKLARI KULLANILARAK DİKKAT EKSİKLİĞİ VE HİPERAKTİVİTE BOZUKLUĞUNUN SINIFLANDIRILMASI
Dr. Öğr. Üyesi Ömer K. ÖRÜCÜ Kübra METİN E. Seda ARSLAN Almira UZUN	CBS ANALİZLERİ KULLANILARAK ANTALYA KENTİ MURATPAŞA İLÇESİ AÇIK VE YEŞİL ALANLARININ İRDELENMESİ
Arş. Gör. N. Özge ESENER	BİNA CEPHELERİNDE OLUŞAN KULLANICI KAYNAKLI BOZULMALARIN İNCELENMESİ
Dr. Gürcan YAVUZ	HALKA TOPOLOJİSİ İLE GELİŞTİRİLMİŞ GLOBAL GENETİK ÖĞRENME PARÇACIK SÜRÜ OPTİMİZASYONU ALGORİTMASININ BÜYÜK ÖLÇEKLİ PROBLEMLERDE İNCELENMESİ

Dr. Gürcan YAVUZ	SALP SÜRÜ OPTİMİZASYON ALGORİTMASI İLE CEC 2014 PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜ
Dr. İlkey Dinç UYAROĞLU Asst. Prof. Dr. Nazlı Nazende YILDIRIM	A HOLISTIC DESIGN APPROACH IN THE INTERIOR ARCHITECTURE DESIGN STUDIO
Arş. Gör. Gamze ÇALIK	Cr+6 'NİN ELEKTROKİMYASAL TRANSPORTUNA TAŞIYICI DERİŞİMİNİN ETKİSİ
Tamer GÜZEL Yasemin İŞLEK Oğuzhan YILDIZ	EKSFOLASYON YÖNTEMİ İLE ÜRETİLEN GRAFEN NANO PARÇALARA ELEKTROLİT MOLARİTESİNİN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

3

20.12.2019

Saat: 11.30-14.00/ CUMA

Salon: 1, Oturum-2	Oturum Başkanı: Doç. Dr. Gülay SARIÇOBAN
Dr. Öğr. Üyesi Nuri SEZER	ETİK, İNTİHAL VE ESİNLENME BAĞLAMINDA MÜKERREM BAKI İNCELEMESİ
Doç. Dr. Sinan YALÇIN Şeyma BİLYAY	TAŞIMA MERKEZİ OKULLARDA GÖREV YAPAN MÜDÜRLERİN TAŞIMALI EĞİTİME İLİŞKİN GÖRÜŞLERİ
Doç. Dr. Sinan YALÇIN C. Mehtap GÜRBÜZ	BİLİŞİM TEKNOLOJİLERİ ÖĞRETMENLERİNİN OKUL YÖNETİCİLERİNİN TEKNOLOJİ YETERLİLİĞİ İLE İLGİLİ GÖRÜŞLERİ
Şeyma BİLYAY Doç. Dr. Fethi KAYALAR	MEB' NİN YENİ ARA TATİL UYGULAMASI İLE İLGİLİ OKUL YÖNETİCİLERİNİN GÖRÜŞLERİNİN İNCELENMESİ
Doç. Dr. Sinan YALÇIN Ecem TORAMAN	ÖĞRETMEN-VELİ ARASINDA YAŞANAN ÇATIŞMALARA OKUL YÖNETİCİLERİNİN YAKLAŞIMI
Ecem TORAMAN Doç. Dr. Fethi KAYALAR	EBEVEYNLERİN MEB' NİN YENİ ARA TATİL UYGULAMASINA İLİŞKİN GÖRÜŞLERİNİN İNCELENMESİ
Doç. Dr. Gülay SARIÇOBAN	TARİH ÖĞRETMENLİĞİ FORMASYON PROGRAMINA İLİŞKİN ADAY ÖĞRETMENLERE AİT GÖRÜŞLERİNİN İNCELENMESİ
Doç. Dr. Gülay SARIÇOBAN	AİT DERSİNİ ALAN ÖĞRENCİLERİNİN BAŞARI ODAKLI MOTİVASYON DÜZEYLERİ
Prof. Dr. Hamiye DURAN Cennet UZUNOĞLU	TÜRK DİLİ VE EDEBİYATI ÖĞRETMENLERİNİN HALK ŞİİRİ TÜR VE ŞEKİL KONUSUNDAKİ YETERLİKLERİNİN İNCELENMESİ
Doç. Dr. Gürkan DAĞBAŞI Doç. Dr. Murat ÖZCAN	İMAM-HATİP LİSESİ 10. SINIF ARAPÇA DERS KİTABININ OKUMA BECERİSİ ÖĞRETİMİ BAĞLAMINDA DEĞERLENDİRİLMESİ

20.12.2019

Saat: 11.30-14.00/ CUMA

Salon: 2, Oturum-2	Oturum Başkanı: Doç. Dr. Neşe ÖZKAL
Doç. Dr. Neşe ÖZKAL	ÖĞRETMEN ADAYLARININ İDEAL ÖĞRETMENE İLİŞKİN METAFORİK ALGILARI
Doç. Dr. Neşe ÖZKAL	İLKÖĞRETİM MATEMATİK ÖĞRETMEN ADAYLARININ MİKRO ÖĞRETİM UYGULAMALARINA İLİŞKİN GÖRÜŞLERİ
Gökhan YAVAŞER Dr. Öğr. Üyesi Zühal YURTSIZOĞLU	SPORCU LİSANS, TESCİL, VİZE ve TRANSFER YÖNETMELİĞİNDE, ERGİN OLMAYAN SPORCULARIN KARŞILAŞTIKLARI SORUNLAR ve ÇÖZÜM ÖNERİLERİ
Zeki COŞKUNER Hakan BÜYÜKÇELEBİ	TÜRKİYE SÜPER LİGİNDE MAÇ SONUCUNU ETKİLEYEN PARAMETRELER VE FİZİKSEL PERFORMANS VERİLERİNİN ANALİZİ: ALANYASPOR ÖRNEĞİ
Hakan BÜYÜKÇELEBİ Kemal KURAK	İNGİLTERE PREMIER LİGİNDE FUTBOL KÜLTÜRÜ VE OYUN İÇİ DEĞİŞKENLERİN ANALİZİ
Öğr. Gör. Özkan AVCI	ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNİN EMOJİLERİ İLETİŞİM ARACI OLARAK KULLANMASINA YÖNELİK BİR ARAŞTIRMA
Dr. Öğr. Üyesi İlknur Aytekin ÇELİK Doç. Dr. Özlem COŞKUN Prof. Dr. Işıl İrem	ANALYSIS OF SIMULATIONS USED IN SURGICAL TRAINING

BUDAKOĞLU	
Dr. Esmehan ÖZER Doç. Dr. Mehmet KARA	OKUMA ARAŞTIRMALARINDA GÖZ İZLEME TEKNİĞİ: TERİMLER VE PARAMETRELER
Doç. Dr. Sinan YALÇIN Fatma ÇAĞLAR	OKUL YÖNETİCİLERİNİN ÖĞRETMENLİĞE GERİ DÖNME KONUSUNA İLİŞKİN GÖRÜŞLERİ
Doç. Dr. Sinan YALÇIN Senanur KÖYLÜ	OKUL YÖNETİCİLERİNİN ÖĞRETMENLERİNİN MOTİVASYONLARINI ARTIRMADA KULLANDIKLARI STRETEJİLER

20.12.2019

Saat: 14.00-16.30 /CUMA

Salon: 1. Oturum-3	Oturum Başkanı: Doç. Dr. İlhami YİĞİT
Durmuş Sinan KÖRPE Özdemir Öztürk KANAT	THE NUMERICAL STUDY TO CORRELATE GRID INDEPENDENCE FOR NACA 4412 WING
Arş. Gör. Asuman ÜSTÜNDAĞ Arş. Gör. Samet ÖZDEMİR	İNSAN KAYNAKLARI RİSKLERİNİN BULANIK BİLİŞSEL HARİTALAMA YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ
Doç. Dr. Aslıhan TÜFEKÇİ Dr. Öğr. Üyesi Utku KÖSE Öğr. Gör. Dr. Hakan YÜKSEL	İNSAN PERFORMANS TEKNOLOJİSİ MODELİYLE ÖRGÜT PERFORMANSININ ARTIRILMASINDAKİ SÜREÇLER
Arş. Gör. Meltem KOŞAN Prof. Dr. Mustafa Aktaş Süleyman ERTEN Y. Kim. Kübra ULUDAĞ Hüseyin ÇATALKAYA Ebubekir DİŞLİ	KARBONDİOKSİT SOĞUTUCU AKIŞKANLI MERKEZİ BİR SOĞUTMA SİSTEMİ TASARIMI VE SİSTEM ANALİZİ
Abdurrahim Bilal ÖZCAN	ATTITUDE CONTROL OF SATELLITE TEST SETUP USING REACTION WHEELS
Doç. Dr. İlhami YİĞİT	ELEKTROHİDROLİK TAHRIKLİ MALZEME TEST MAKİNELERİNİN TASARIMI
Dr. Öğr. Üyesi Çisil TİMURALP Dr. Öğr. Üyesi Zerrin SERT	TRAPEZOİD KESİTLİ KAPALI GEOMETRİLERDE DOĞAL TAŞINIM İLE ISI GEÇİŞİNİN ANALİZİ
Dr. Öğr. Üyesi Zerrin SERT Dr. Öğr. Üyesi Çisil TİMURALP	ENGEL İÇEREN KANALLARDA ISI GEÇİŞİNE ETKİ EDEN PARAMETRELERİN İNCELENMESİ
Hatice ERCAN-TEKŞEN	SEZGİSEL BULANIK ARİTMETİK VE GEOMETRİK ORTALAMA HESAPLAMALARI
Dr. Merve GÜNEY DUMAN Dr. Mehmet DUMAN	FIBONACCI DİZİSİNİN TERİMLERİ KULLANILARAK VERİNİN ŞİFRELENMESİ VE ŞİFRENİN ÇÖZÜLMESİ
Enes Kağan MALLIOĞLU Dr. Mehmet DUMAN	KİŞİSEL BİLGİSAYAR İLE İP NUMARASI ÜZERİNDEN KONTROLÜ SAĞLANAN DOĞRU AKIM MOTORLU SİSTEMİN İP KAMERA İLE BÜTÜNLEŞTİRİLMESİ VE ANLIK GÖRÜNTÜ AKTARIMI

20.12.2019

Saat: 14.00-16.30 /CUMA

Salon: 2, Oturum-3	Oturum Başkanı: Prof. Dr. Yasemin ÖZKAN
Zeynep EZANOĞLU Dr. Öğr. Üyesi Dilek GÖZE KAYA	KAMU POLİTİKALARINDA TEKNOLOJİ TRANSFERİ ÜZERİNE BİR İNCELEME
Dr. Rıdvan BAL	TÜRKİYE CUMHURİYETİ'NİN ONUNCU YILINA, ABD DIŞIŞLERİ PENCERESİNDEN BAKIŞ: G. H. SHAW'IN "TÜRKİYE 1933" MEMORANDUMU
Dr. Aytekin CANTEKİN	ULUSLARARASI İLİŞKİLER DİSİPLİNİNDE NEOREALİST BİR BAKIŞ AÇISI OLARAK STEPHEN WALT'UN TEHDİT DENGESİ YAKLAŞIMI
Dr. Mehmet Galip ZORBA Öğr. Gör. Burak CANDAN	TOLKIEN'İN YÜZÜKLERİN EFENDİSİ ÜÇLEMESİNDEKİ KADIN KARAKTERLERİN KARŞILAŞTIRMALI İNCELENMESİ
Proj. Asist. Ezgi SAMANCIOĞLU	"HOŞGÖRÜ/TOLERANS" KAVRAMI ÖZELİNDE GÜNÜMÜZ DÜNYA PROBLEMLERİNİ FELSEFEYLE ANLAMAK VE ANLAMLANDIRMAK
Esra TÜRKSEVER	SOSYAL YAŞAMIN DÜZENLEYİCİ UNSURU: DAĞITICI ADALET
Mehmet ÇİÇEK	FELSEFEDE BİLGİ VE ANLAM: SOFİSTLER
Arş. Gör. Gizem ASLAN Doç. Dr. Levent ARIDAĞ	TSCHUMİ' NİN SİNEMATOGRAFİK MEKAN KURGUSUNDA BEDEN NOTASYONU

Dr. Öğr. Üyesi Özer AKTİMUR	İSTANBUL AYA TRİADA RUM ORTADOKS KİLİSESİ RESİMLERİ VE İKONAKİS ALTARI RESTORASYONU
Prof. Dr. Yasemin ÖZKAN	KORUYUCU AİLE ADAYLARININ BELİRLENMESİNDE SEÇİM KRİTERLERİNİN ÖNEMİ
Prof. Dr. Yasemin ÖZKAN	AİLE İÇİ ŞİDDET VAKALARINDA SOSYAL HİZMET UZMANLARININ YAKLAŞIMLARI

20.12.2019

Saat: 16.30-19.00 /CUMA

Salon: 1, Oturum-4	Oturum Başkanı: Dr. Öğr. Üyesi Yusuf Kemal ÖZTÜRK
Mehmet CANAKCI Omer Faruk DERİNDAG Res. Asst. Gizem ATES	WHERE ARE DEVELOPING COUNTRIES IN THE RELATIONSHIP BETWEEN CREDIT DEFAULT SWAP (CDS), EXCHANGE RATE AND INTEREST? IS INTEREST RATE INCREASING A SOLUTION?
Asst. Prof. Omer Faruk DERİNDAG Asst. Prof. Mehmet CANAKCI Res. Asst. Gizem ATES	INTERNATIONAL TRADE AND DIGITALIZATION: THE NEW ECONOMY & NEW TECHNOLOGIES
Dr. Öğr. Üyesi Ragıp YILMAZ	KARTALİST PARA YAKLAŞIMININ GERİLEMESİ VE İSTİHDAMIN ESNEKLEŞMESİ
Res.Asst. Gizem ATES Asst. Prof. Dr. Omer Faruk DERİNDAG Asst. Prof. Dr. Mehmet CANAKCI	THE IMPACTS OF LOGISTIC PROCESS ON E-COMMERCE
Prof. Dr. Bülent CENGİZ Deniz KARAELMAS	EVALUATION OF THE ECOTOURISM POTENTIAL OF THE CITY OF ZONGULDAK AND ITS SURROUNDINGS
Dr. Öğr. Üyesi Hilal KUŞCU KARATEPE Dr. Hanife TİRYAKİ ŞEN	SOSYAL SERMAYE İLE YAŞAM TATMİNİ ARASINDAKİ İLİŞKİ: SAĞLIK ÇALIŞANLARI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA
Dr. Öğr. Üyesi Hilal KUŞCU KARATEPE Dr. Hanife TİRYAKİ ŞEN	SAĞLIK ÇALIŞANLARINDA MESLEKİ BENLİK SAYGISININ ÖZ YETERLİLİK ÜZERİNDEKİ ETKİSİ
Dr. Öğr. Üyesi Yusuf Kemal ÖZTÜRK	OSMANLI'DA NORMATİF İKTİSAT DEĞERLERİNİN ÇÖKMESİ VE POZİTİF İKTİSAT ARAYIŞLARI
Dr. Öğr. Üyesi Aykut ŞARKGÜNEŞİ Ezgi BEKTAŞ	ULUSLARARASI TİCARET VE EKOLOJİK ÇEVRE: TİCARET İLE UYARLANMIŞ ÇEVRESEL KUZNETS EĞRİSİ TÜRKİYE UYGULAMASI
Dr. Fatih YILMAZ	ULUSLARARASI TİCARET GEMİLERİNDE EMNİYET VE İSG YÖNETİMİNE İLİŞKİN IMO, ILO VE ISO STANDARTLARININ ENTEGRASYONU

20.12.2019
Saat: 16.30-19.00 /CUMA

Salon: 2, Oturum-4	Oturum Başkanı: Prof. Dr. Ziya Erdem KOÇ
Dr. Sezen TOKSOY KÖSEOĞLU Dr. Öğr. Üyesi Ali DOĞRU	FARKLI MISIR (<i>Zea mays</i> L.) GENOTİPLERİNDE TUZ STRESİ VE ANTIOKSİDANT SİSTEM ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN FİZYOLOJİK OLARAK İNCELENMESİ
Şule BARAN Dr. Sezgi ARMAN	ORIBATID AKARLARIN TOPRAKTAKİ AYRIŞMA SÜRECİNE KATKILARI HISTOPATHOLOGICAL ALTERATIONS IN CARDIAC VENTRICLE OF GOLDFISH (<i>Carassius auratus</i> L.) EXPOSED TO ACROLEIN
Arş. Gör. Dr. Cansu AKBULUT	DİMETOAT MARUZİYETİNİN ZEBRA BALIĞI (<i>Danio rerio</i>) SOLUNGAÇ DOKUSUNDA OLUŞTURDUĞU HİSTOPATOLOJİK ETKİLER
İnanç ÖZGEN Aykut TOPDEMİR	THE FAUNISTIC RECORDS on BUPRESTIDAE (COLEOPTERA) FAMILY SPECIES in VINEYARD AREAS in ELAZIG PROVINCE (TURKEY)
Arş. Gör. Dr. Çiğdem ÖZENİRLER	BOMBUS (HYMENOPTERA: APIDAE, BOMBUS LATREILLE) TÜRLERİNİN ÖN KANATLARI ÜZERİNDE ELİPTİK FOURIER ANALİZLERİ
Arş. Gör. Dr. Çiğdem ÖZENİRLER	BOMBUS TERRESTRIS (L. 1758) (HYMENOPTERA: APIDAE) TÜRÜNÜN BESLENDİĞİ BİTKİLERİN YUVA MATERYALLERİNDE BULUNAN POLENLER ARACILIĞIYLA TESPİT EDİLMESİ
İnanç ÖZGEN Aykut TOPDEMİR	ADDITIONAL NOTES ON TINGIDAE (HEMIPTERA: HETEROPTERA) FAMILY FROM EAST ANATOLIA IN TURKEY
Volkan GÜL Erdoğan ÖZTÜRK Furkan ÇOBAN	BAYBURT İLİNDE YETİŞTİRİLEN AYÇİÇEĞİNE (<i>HELIANTHUS ANNUUS</i> L.) FARKLI DOZLARDA UYGULANAN VERMİKOMPOST ÜRÜNLERİNİN VERİM VE KALİTE ÜZERİNE ETKİLERİ
Prof. Dr. Hatice OGUTCU	KROM FABRİKASI ÇEVRESİNDEKİ TOPRAKLARDAN İZOLE EDİLEN BAKTERİLERİN MALDI-TOF MS YÖNTEMİ KULLANILARAK TANIMLANMASI
Prof. Dr. Ziya Erdem KOÇ	THE SYNTHESIS OF ASYMMETRIC HETEROCYCLIC COMPOUND MICROWAVE ASSISTED AND INVESTIGATION OF METAL COMPLEXES
İnanç ÖZGEN Aykut TOPDEMİR Samet ÇELİK	BADEM ÇİÇEKLERİNDE ZARARLI TROPİNOTA HİRTA (PODA,1761)'YA KARŞI İKİ FARKLI MAVİ RENKLİ TUZAĞIN YAKALAMA VE MALİYET ETKİNLİĞİNİN KARŞILAŞTIRILMASI
Esra BAKKALOĞLU Prof. Dr. Yıldray TOPCU	LADİK TORFUNUN PİROLİZ KİNETİĞİ
Dr. Öğr. Üyesi Bülent BAYRAKTAR Prof. Dr. Vecihi AKSAKAL Dr. Öğr. Üyesi Emre TEKCE Dr. Ahmet SAİT Uzman Sevil BAYRAKTAR	KUZULARDA FARKLI DOZLARDA PROBİYOTİK KARIŞIMIN KULLANIMININ BAZI ADİPOKİN HORMON PROFİLİ APELİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

21.12.2019

Saat: 09.00-12.00 /CUMARTESİ

Salon: 1 Oturum-1	Oturum Başkanı: Doç. Dr. Selami ERYILMAZ
Tinashe KADİRİRE Assist.Prof.Dr.Sami ACAR Mahammad DJAMALADİNE	THE EXAMINATION OF THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEMS IN CARRIER GUIDANCE IN SOUTHERN AFRICAN COUNTRIES
Doç. Dr. Aysun COŞKUN Gözde Nur KÜTÜKCÜ	ADLI BİLİŞİMDE GÖRÜNTÜ İYİLEŞTİRME VE GÖRÜNTÜLERDEKİ BULANIKLIĞIN GİDERİLMESİ
Dr. Pelin ANGIN	A BLOCKCHAIN-BASED SECURE MILITARY COMMUNICATIONS ARCHITECTURE
Tacettin Sercan PEKİN	2B RESİMLERDEN 3B KAFA MODELLEMESİ ÇIKARTMAK İÇİN HİBRİT BİR YÖNTEM
Tacettin Sercan PEKİN	SOSYAL MEDYA UYGULAMALARINDA KİŞİ EŞLEŞTİRMEK İÇİN İSTATİSTİK TABANLI BİR SKORLAMA YÖNTEMİ
Elk. Müh. Burak Alp ÖZALP Dr. Öğr. Üyesi Birol ARİFOĞLU	ENDÜSTRİNİN DİJİTALLEŞMESİ VE ETKİNLİĞİ ARTTIRILMIŞ SANAL PLATFORMLAR
Dr. Gümrah UYSAL	APPROXIMATION BY m-SINGULAR MODIFIED PICARD OPERATORS
Dr. Gümrah UYSAL	EXPONENTIALLY WEIGHTED CONVERGENCE OF NONLINEAR SINGULAR INTEGRAL OPERATORS WITH NON-ISOTROPIC KERNELS
Seda ADIGÜZEL Doç. Dr. Selami ERYILMAZ	BİLİŞİM TEKNOLOJİLERİ ÖĞRETMENLERİNİN, DERSLERİNDE KODLAMA ETKİNLİKLERİ KULLANIM EĞİLİMİ VE SIKLIĞININ FARKLI PARAMETRE GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ
Öğr. Gör. Hüseyin ŞAHİNER	YAPAY ZEKA TABANLI DİJİTAL AKADEMİ SİSTEMİ TASARIMI

21.12.2019

Saat: 09.00-12.00 /CUMARTESİ

Salon: 2, Oturum-1	Oturum Başkanı: Doç. Dr. Fahriye EMGİLİ
Doç. Dr. Ahmet DENİZ	ANADOLU SELÇUKLU DEVLETİNDE HAMAMLARIN İKTİSADİ VE SOSYOLOJİK FAYDALARININ ANALİZİ
Doç. Dr. Ahmet DENİZ	ANADOLU SELÇUKLU DEVLETİNİN FETHİLERDEKİ İKTİSADİ ZİHNİYETİNİN ANALİZİ
Doç. Dr. Ahmet DENİZ	ANADOLU SELÇUKLU DEVLETİNDE KERVANSARAYLARIN VE HANLARIN İKTİSADİ GÖREVLERİ
Dr. Öğr. Üyesi A. Nazlı SOYKAN Arş. Gör. Dr. Durmuş GÜR	KUZEYBATI KARADENİZ'DE 18.-20. YÜZYILLARA TARİHLENEN GAYRİMÜSLİMLERE AİT DİNİ YAPILARDAN ÖRNEKLER (BARTIN, KARABÜK, ZONGULDAK)
Dr. Öğr. Üyesi Pınar TOKTAŞ	T.C. BAŞBAKANLIK DEVLET ARŞİVLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ'NDE YER ALAN SULTAN II. SÜLEYMAN'A AİT FERMANIN TEZHİP ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ
Uzm. Tülay KIVILCIM Dr. Öğr. Üyesi Pınar TOKTAŞ	T.C. BAŞBAKANLIK DEVLET ARŞİVLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ'NDE BULUNAN III. SELİM DÖNEMİNE AİT FERMANLARDAKİ TUĞRALARIN TEZHİP ÖZELLİKLERİ AÇISINDAN İNCELENMESİ
Doç. Dr. Kanat BAZARBAYEV Doç. Dr. Talgat DANIYAROV Doç. Dr. Usenbek RAKHMET	20.YÜZYILIN BAŞINDA TÜRKİYE İLE TÜRKİSTAN ARASINDAKİ SİYASİ VE KÜLTÜREL İLİŞKİLER
Doç. Dr. Kanat BAZARBAYEV Doç. Dr. Talgat DANIYAROV Doç. Dr. Usenbek RAKHMET	JÖN TÜRKLER VE TÜRKİSTAN ULUSAL KURTULUŞ HAREKETLERİNİN ORTAK İLKELERİ
Doç. Dr. Fahriye EMGİLİ	BENJAMİN KALLAY'IN BOSNA-HERSEK SİYASETİ (1882-1903)
Doç. Dr. Fahriye EMGİLİ	ATATÜRK DÖNEMİ NÜFUS SİYASETİ (1923-1938)
Dr. Öğr. Üyesi Yaşar Serkal YILDIRIM	ANTİK ÇAĞDA SAFRANBOLU VE ÇEVRESİNDE BAĞCILIK
Sümeyye ÖNAL	İZMİR'İN İŞGALİ'NİN BASINA YANSIMALARI

21.12.2019

Saat: 09.00-12.00 /CUMARTESİ

Salon: 3 Oturum-1	Oturum Başkanı: Dr. Öğr. Üyesi İlgül KAYA ZENBİLCİ
Dr. Öğr. Üyesi İlgül KAYA ZENBİLCİ	BİZANS SANATINDA NADİR BİR İSA TİPLEMESİ: GÜNLERİN ESKİSİ (HO PALAIOS TON HEMERON)
Dr. Öğr. Üyesi Çiğdem ÖNKOL ERTUNÇ	KELİLE VE DİMNE MİNYATÜRLERİNİN ANLATIMSAL AÇIDAN İNCELENMESİ
Prof. Dr. Lütviye SULEYMAN KIZI ASGERZADE	RESİM, ŞİİR, SANAT - PİTOREKS SANATI
Dr. Öğr. Üyesi Yılmaz SEÇİM Dilek ÇOŞAN	TÜRKİYE'DE YAŞAYAN TÜRKMEN KÖKENLİ AFGAN ÖĞRENCİLERİN MUTFAK KÜLTÜRLERİNİN İNCELENMESİ
Dr. Öğr. Üyesi Filiz GÜVEN	DÖNÜŞMEYEN GERÇEKLIK BÜYÜSEL FOLKLORİK RİTÜELLER
Dr. Öğr. Üyesi Gülşah ÖZDEMİR Özge TONTU	SANATTA AYNA İMGESİ VE GÜNÜMÜZ SANATINDAKİ YORUMU
Dr. Öğr. Üyesi Merve YILDIRIM	GÜNCEL SANAT VE TÜRKİYE DE SANAT POLİTİKALARI
Dr. Öğr. Üyesi Önder YAYLA Öğr. Göv. Şeyda YAYLA	LOKANTA DEĞERLENDİRMELERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA: VEDAT MİLOR LEZZET REHBERİ VE GOOGLE ÖRNEĞİ
Merve BAŞGÜL Doç. Dr. Zeynep Yeşim İLERİSOY Prof. Dr. Mehmet Emin TUNA Doç. Dr. Mehmet Halis GÜNEL	TARİHİ YAPILARDA YENİDEN İŞLEVLENDİRME SÜRECİNDE YAPI-İŞLEV UYUMU; CACABEY CAMİİ ÖRNEĞİ ÜZERİNDEN İNCELEME

21.12.2019

Saat: 09.00-12.00 /CUMARTESİ

Salon: 4 Oturum 1	Oturum Başkanı: Dr. Cihandar HASANHANOĞLU
Prof. Dr. Musa ÖZATA Dr. Öğr. Üyesi Fatih Ferhat ÇETİNKAYA	ALGILANAN ÖRGÜTSEL AYRIMCILIK İLE ÖRGÜTSEL BAĞLILIK ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ: BİR KAMU ÜNİVERSİTESİ ÖRNEĞİ
Dr. Öğr. Üyesi Cihandar HASANHANOĞLU	TÜRKİYE'DE MEYDANA GELEN AFETLERDE KARŞILAŞILAN SORUNLAR VE AFET BİLİNCİNİ GELİŞTİRME ÇALIŞMALARI
Dr. Öğr. Üyesi Cihandar HASANHANOĞLU	TÜRKİYE'DEKİ SÜRÜCÜ PROFİLİNİN BELİRLENMESİNDE SWOT ANALİZİ
Dr. Öğr. Üyesi Cihandar HASANHANOĞLU	İNSAN KAYNAKLARI YÖNETİMİNİN İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ FAALİYETLERİNE EKONOMİK KATKISI
Dr. Öğr. Üyesi Fatih Ferhat ÇETİNKAYA Çağatay Han TORUN	KIRŞEHİR'DE AİLE ŞİRKETLERİNDE KURUMSALLAŞMA SORUNU VE İŞLETMELERİN KURUMSALLIK, STRATEJİK YÖNETİM, İKY UYGULAMALARININ KARŞILAŞTIRILMASI
Doç.Dr. Aysun KANBUR Doç.Dr. Engin KANBUR	ÇALIŞANLAR ARASINDAKİ FARKLILIKLARIN AŞIRI NİTELİKLİLİK BAĞLAMINDA İNCELENMESİ
Doç.Dr. Aysun KANBUR Doç.Dr. Engin KANBUR	ÇALIŞANLARIN İŞE YABANCILAŞMA DÜZEYLERİNİN DEMOGRAFİK ÖZELLİKLERİ BAKIMINDAN İNCELENMESİ
Öğr. Gör. Dr. Aysen AKBAŞ TUNA	İNSAN KAYNAKLARI YÖNETİMİNDE STRATEJİK BİR ARAÇ OLARAK BECERİ HARİTALAMA
Furkan SIRMA Doç. Dr. Zübeyir BAĞCI	DUYGUSAL ZEKÂ VE STRESLE BAŞA ÇIKMA YOLLARI ARASINDAKİ İLİŞKİ
Furkan SIRMA Doç. Dr. Zübeyir BAĞCI	ÖRGÜTSEL ADALET VE ÖRGÜTSEL SINİZM ARASINDAKİ İLİŞKİYİ BELİRLEMeye YÖNELİK ANALİTİK BİR ARAŞTIRMA
Prof. Dr. Muharrem TUNA Arş. Gör. Dr. Zafer TÜRKMENDAĞ	TÜRKİYE'DE OTEL YÖNETİCİLERİNİN GÜÇLENDİRİCİ LİDERLİK DAVRANIŞLARININ BELİRLENMESİ

21.12.2019

Saat: 09.00-12.00 /CUMARTESİ

Salon: 5 Oturum-1	Oturum Başkanı: Prof. Dr. Atilla YARGICI
Doç. Dr. Mustafa ÜNVERDİ	MUSİBETLERİN HİKMETLERİ AÇISINDAN KÖTÜLÜK SORUNU -MÂTÜRÎDÎ ÖRNEĞİ-
Prof. Dr. Atilla YARGICI	MEKKÎ SURELERDE "TEFEKKÜR" KAVRAMI İLE İLGİLİ AYETLERİN MESAJLARI BAKIMINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ
Prof. Dr. Atilla YARGICI	KUR'AN'A GÖRE HZ. İSA'NIN HAYATI
Dr. Öğr. Üyesi Fatma AYDIN	HZ. PEYGAMBER DÖNEMİNDE ÇOCUK OYUNLARI -Hadisler Çerçevesinde-
Prof. Dr. Abdulhamit SİNANOĞLU	İSLAM'IN MUTEZİLİ YORUMUNDA İNSAN VE ÖZGÜRLÜK ALANI
Dr. Öğr. Üyesi Seydi KİRAZ	ŞAKİR MAHLASLI BİR ŞAİRE AİT DÖRT TÜR: MÜNÂCÂT ESMÂ-İ HÜSNÂ NAAT VE SELAMNÂME
Doç. Dr. Necati SÜMER	ŞAİR T. S. ELİOT'UN "ÇORAK ÜLKE" ADLI ESERİNDE DİNSEL VE MİTSEL MOTİFLER
Dr. Ramazan AKKIR	İLAHİYAT FAKÜLTESİ ÖĞRENCİLERİNİN DİN ANLAYIŞLARI: TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ İLAHİYAT FAKÜLTESİ ÖRNEĞİ

21.12.2019

Saat: 12.00-14.00 /CUMARTESİ

Salon: 1, Oturum-2	Oturum Başkanı: Doç. Dr. Cenk YAVUZ
Mustafa Evren POLAT Aybike Nur CİNGÖZ	KALİTE PARAMETRELERİNİN FİBER OPTİK KABLOLARI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ
Dr. Çetin Önder İNCEKARA	ENERGY PILE'S EFFICIENCY and CARBON FOOTPRINT
Adile BİLGİN Prof. Dr. Özgür SÖNMEZ	MİKRODALGA DESTEKLİ BİYODİZEL ÜRETİMİ
Prof. Dr. İbrahim YUKSEL Prof. Dr. Hasan ARMAN İbrahim Halil DEMİREL	HYDROPOWER DEVELOPMENT AND ENERGY MARKETING IN TURKEY
Bahanur GÜLCAN Prof.Dr. Mehmet Timur AYDEMİR	MİKRO ENERJİ HASADI VE RF-DA DÖNÜŞTÜRÜCÜ DEVRE
Doç. Dr. Cenk YAVUZ Arş. Gör. Dr. Ceyda AKSOY TIRMIKÇI	DAĞITIK ÜRETİMLİ DAĞITIM SİSTEMLERİNDE ARIZA TESPİT YÖNTEMLERİ
Doç. Dr. Cenk YAVUZ Arş. Gör. Dr. Ceyda AKSOY TIRMIKÇI	SABİT AYDINLATMA ŞARTLARINDA FOTOMETRİK FLICKER ETKİSİNİN ÇALIŞANLAR ÜZERİNDE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI İÇİN YÖNTEMLER

21.12.2019

Saat: 12.00-14.00 /CUMARTESİ

Salon: 2 Oturum-2	Oturum Başkanı: Dr. Öğr. Üyesi F. Senem GÜNGÖR
Dr. Öğr. Üyesi F. Senem GÜNGÖR	KÜRESEL KÖY'ÜN MEDYASI: NETFLIX
Tolga ÖZEN	BİR TARİHSEL DEĞERLENDİRME: NAZİ ALMANYA'SINDA LGBT+ BİREYLER ÜZERİNDEKİ ÖTEKİLEŞTİRME ve DAMGALAMA ÖRNEKLERİ
Uzm. Sıla YAĞCI TANIŞIK	BATIL İNANÇLARIN DİJİTAL MEDYADAKİ TÜKETİMİ
Deniz KART	OYUNCULUKTA STANISLAVSKI SİSTEMİNİN TİYATRO, TELEVİZYON VE SİNEMADA UYGULANMASI

Arş. Gör. Semra AY	ÇOKLU EKLAN İLE SİNEMA: DİNAMİK VE AKTİF YENİ NESİL İZLEYİCİ DENEYİMİ
Maria ARABACI KOÇ	HETEROSEKSİST TOPLUMDA İNTERSEKS BİREYLERİN KONUMLANDIRILIŞI VE BU BAĞLAMDA TÜRK SİNEMASI'NDAKİ İLK VE TEK İNTERSEKS KARAKTERE YER VEREN KÖÇEK FİLMİNİN İNCELENMESİ
Göksun ÜNLÜ	DUVARLARDAN BEYAZ PERDEYE PROTEST BİR YAŞAM; GRAFİTİ
İlke AKMAN	GÖRSEL OKURYAZARLIK VE GÖRSEL OKURYAZARLIK EĞİTİMİ

21.12.2019

Saat: 12.00-14.00 /CUMARTESİ

Salon: 3 Oturum-2	Oturum Başkanı: Dr. Öğr. Üyesi Bülent HANER
Arş. Gör. Mustafa POLAT	THE SEMANTICS OF MORAL LANGUAGE IN META-ETHICAL NON-COGNITIVISM
Dr. Öğr. Üyesi Ayşe SEZER	ABORJİNLERİN YAŞAM FELSEFESİ VE SANATLARINA YANSIMASI
Cengiz ÇEBİ	KUŞKU, ÖZGÜR DÜŞÜNCE VE HOŞGÖRÜ KÜLTÜRÜ
Dr. Öğr. Üyesi Gülşah ÖZDEMİR	BELLMER'İN KARANLIK FETİŞLERİ
Sibel AKŞAHİN POLAT	YABANCILARIN TÜRKİYE'DEN SINIRDIŞI EDİLMESİ
Prof. Dr. Hasan TUTAR Arş. Gör. Dr. Arzu KALAFAT ÇAT	ÜNİVERSİTELERİN MİSYON VE VİZYON İFADELERİ ÜZERİNDEN ZİHİN HARİTALARINI OKUMAK
Dr. Öğr. Üye. Suat SÖYLEMEZ	TEKNOLOJİK GELİŞMELERİN İNSAN HAKLARINA ETKİSİ

21.12.2019

Saat: 12.00-14.00 /CUMARTESİ

Salon: 4, Oturum-2	Oturum Başkanı: Dr. Öğr. Üyesi Ahu PAKDEMİRLİ
Assoc. Prof. Ceren YEGEN	TRADITIONS AND RITUALS AS COMMUNICATION AND TELECOMMUNICATION SYSTEMS
Prof. Dr. Nurettin GÜZ Doç. Dr. Ceren YEGEN Doç. Dr. B. Oğuz AYDIN	DİJİTAL KAMUOYUNU ANLAMAK: 23 HAZİRAN 2019 İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYE BAŞKANLIĞI SEÇİMLERİNE YÖNELİK BİR SOSYAL AĞ ANALİZİ
Dr. Öğr. Üyesi Tuğba AKDAL	ZONGULDAK İLİ ÖRNEĞİ İLE YEREL KAMUSAL KANAATİN OLUŞUMUNDA YEREL HABER SİTELERİ ve OKUR ETKİLEŞİMİNİN İNCELENMESİ
Recep ORUÇ Dr. Öğr. Üyesi Abdullah YILDIZBAŞI	HABER YAYINCILIĞINDA ÇALIŞANLARIN İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ KOŞULLARININ ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMLERİNDEN OLAN BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ
Doç. Dr. Feyzullah ÜNAL Veysel EROL	PARETO'NUN YÖNETİCİ OLMAYAN ELİTLER TEORİSİ BAĞLAMINDA TÜRKİYE'DE KANAAT ÖNDERLERİ
Dr. Öğr. Üyesi İnci Selin GÜMÜŞ	TEKNOLOJİK ÇAĞ VE OTOPORTRE: ÖZÇEKİM UYGULAMALARI VE DEĞERLENDİRİLMELERİ

21.12.2019

Saat: 12.00-14.00 /CUMARTESİ

Salon: 5 Oturum-2	Oturum Başkanı: Doç. Dr. Demet CANSARAN
Doç. Dr. Demet CANSARAN	SÜRDÜRÜLEBİLİR YAŞAM İÇİN BİR TEHDİT: "SU GÜVENLİĞİ"
Doç. Dr. Demet CANSARAN	BİR KENTLEŞME SORUNSALI: "ENGELSİZ KENTLER"
Doç. Dr. Demet CANSARAN	SANAYİLEŞME, TEKNOLOJİ VE ÇEVRE SAVAŞI: "OZON TABAKASININ İNCELMESİ"
Dr. Öğr. Üyesi Özgür ZEYDAN	RAFİNERİ KAYNAKLI HAVA KİRLİLİĞİ VE KONTROLÜ
Arş.Gör.Dr. Ceyda AKSOY TIRMIKÇI Doç.Dr. Cenk YAVUZ	BİNA SEKTÖRÜ VE ULAŞIM SEKTÖRÜ KAYNAKLI SERA GAZI SALINIMINI AZALTMAK İÇİN ŞEHİRLERDE YAPILABİLECEK İYİLEŞTİRMELER
Arş.Gör.Dr. Ceyda AKSOY TIRMIKÇI Doç.Dr. Cenk YAVUZ	FOSİL YAKIT TEMELLİ SERA GAZI SALINIMININ HAVA KİRLİLİĞİNE DAYANDIRILABİLEN ÖLÜM SAYILARI İLE İLİŞKİSİ
Öğr.Gör. Dr. Cem AYIK	SÜRDÜRÜLEBİLİR KENT UYGULAMALARINA KÜRESEL ENDEKSLER ÜZERİNDEN KARŞILAŞTIRMALI BİR BAKIŞ

21.12.2019

Saat: 14.00-17.00 /CUMARTESİ

Salon: 1, Oturum-3	Oturum Başkanı: Doç. Dr. Tolga AKALIN
Arş. Gör. İrem BEKAR Doç. Dr. Şebnem ERTAŞ BEŞİR	MOBİLYADA KÜLTÜREL GÖSTERGELER ÜZERİNDEN ESKİ VE YENİ KAVRAMI, "ZEYNEP FADİLLİOĞLU MOBİLYALARI"
Dr. Öğr. Üyesi Menekşe Suzan TEKER	GÜNEŞ IŞINLARI İLE DOĞAL BOYAMA (SOLAR DYEING) YÖNTEMİ
Dr. Öğr. Gör. İpek Fatma ÇEVİK	RESİM SANATINDA BİR ÜRETİM TEKNİĞİ OLARAK SANAL GERÇEKLIK
Dr. Rifat OLGUN	İYİLEŞTİRME BAHÇELERİNE (HEALING GARDEN) YÖNELİK PEYZAJ TASARIM YAKLAŞIMLARI
Doç. Dr. Mustafa Cevat ATALAY Doç. Dr. Tolga AKALIN	MUTLULUK RESİMLERİMİZ, SALT BEYOĞLU, SALT GALATA NUR KOÇAK YAPITLARI
Doç. Dr. Mustafa Cevat ATALAY Doç. Dr. Tolga AKALIN	JULIE MEHRETU RESİMLERİNDE ÇİZGİ
Arş. Gör. Hasan HÜSEYİN GÜL Prof. Dr. Hülya BAYRAK	KARMA TASARIMLARDA GENEL ALTERNATİFLER İÇİN ÖNERİLEN PARAMETRİK OLMAYAN TEST KOMBİNASYONU
A.E. KUSSANOVA	INTRODUCTION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN THE TRAINING OF DIRECTORS-CHOREOGRAPHERS

21.12.2019

Saat: 14.00-17.00 /CUMARTESİ

Salon: 2, Oturum-3	Oturum Başkanı: Prof. Dr. Abdulhamit SİNANOĞLU
Doç. Dr. Alpaslan Hamdi KUZUCUOĞLU	BİLGİ MERKEZLERİNDE KÖK SEBEP ANALİZLERİ
Ümmü Saliha EKEN İNAN	SELÇUK ÜNİVERSİTESİNE BAĞLI MESLEK YÜKSEKOKULLARININ KALİTE YOLCULUĞUNDA OLUŞTURULAN MİSYON VE VİZYON İFADELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ
Dr. Öğr. Üyesi Sibel Işık MERCAN	TÜRKİYE'DE TR DİZİNLİ DERGİLERDE YAYINLANAN COĞRAFYA EĞİTİMİ ALANINDAKİ NİTEL MAKALELERİN ARAŞTIRMA EĞİLİMLERİ (2000-2019)
Dr. Öğr. Gör. Esra FIRATLI TÜRKER	AÇIK VE UZAKTAN ÖĞRETİMDE MESLEKİ STAJ ÖLÇÜTLERİNİN VE STAJ YERLERİNİN BELİRLENMESİNE YÖNELİK BİR ARAŞTIRMA
Fatma ÇAĞLAR Doç. Dr. Fethi KAYALAR	İLK VE ORTA DERECELİ OKULLARDA UYGULAMAYA KONULAN YENİ ARA TATİLİN VERİMLİLİĞİ KONUSUNDA ÖĞRETMEN GÖRÜŞLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Ayşe ÖZKAN DUVAN	MAKUL SÜREDE YARGILANMA HAKKININ CEZA YARGILAMASINDA UYGULANMASI
Doç. Dr. Rana YILDIRIM	TASK AUTHENTICITY AND LEARNING IN PRACTICUM: ELT STUDENT-TEACHERS' EXPERIENCE
Dr. Öğr. Üyesi Gülten DEMİRAL	ÖĞRETMENLERİN MOTİVASYONUNU ETKİLEYEN FAKTÖRLER ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA
Öğr. Gör. Ahmet ÇABUK	AKADEMİK PERSONELİN İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ALGISI
Doç. Dr. İbrahim Yaşar KAZU Öğr. Gör. Abdullah ELMAS	KÖY ENSTİTÜLERİ VE BİR ÖRNEKLEM OLARAK DİCLE KÖY ENSTİTÜSÜ
Doç. Dr. İbrahim Yaşar KAZU Öğr. Gör. Abdullah ELMAS	KÖY ENSTİTÜLERİNDE ÖZDENETİM BİLİNCİ

21.12.2019

Saat: 14.00-17.00 /CUMARTESİ

Salon: 3, Oturum-3	Oturum Başkanı: Doç. Dr. Yiğit Anıl GÜZELİPEK
Mehmet OSKAY Cuma BOZKURT	GÜVENLİK SORUŞTURMASI VE ARŞİV ARAŞTIRMASININ İNSAN HAKLARI VE ÖZEL HAYATIN KORUNMASI YÖNÜNDEN İNCELENMESİ
Assoc. Prof. Suna Gülfer IHLAMUR ÖNER	SYRIAN RETURN?: THE CASE OF TURKEY
Abdulhanan ZARİFY Muhammet Yunus ŞİŞMAN	EKONOMİK BÜYÜME VE NÜKLEER ENERJİ TÜKETİMİ ARASINDA İLİŞKİ: BİR PANEL VERİ ANALİZİ
Doç. Dr. Yiğit Anıl GÜZELİPEK	ÇATIŞMADAN İŞ BİRLİĞİNE EL AHLİ VE ZAMALEK REKABETİ: ARAP BAHARI'NIN ÖNCESİNDE VE SONRASINDA FUTBOL STADYUMLARI
Dr. Öğr. Üyesi Eray ACAR Arş. Gör. Galip Ferhat AKBAL	HIZLI DÖNÜŞÜMÜN YENİ FENOMENİ OLARAK İNTERNET SANSÜRÜ VE ULUS DEVLET İLİŞKİSİ
Prof. Dr. İrfan Kaya ÜLGER Özlem ÜSTÜN	İNGİLTERE'DE AB KUŞKUCULUĞUNUN KÖKENLERİ
Dr. Murad DUZCU Arş. Gör. Ömer Fuad KAHRAMAN	TÜRKİYE'NİN KUZEY SURİYE'DEKİ ÇATIŞMA SONRASI YENİDEN YAPILANMA POLİTİKALARI
Arş. Gör. Ömer Fuad KAHRAMAN Dr. Murad DUZCU	ENERJİ YÖNETİMİ POLİTİKALARINDA TÜRKİYE: ENERJİ'DE İŞBİRLİĞİ POLİTİKASI ve TANAP

21.12.2019

Saat: 14.00-17.00 /CUMARTESİ

Salon: 4, Oturum-3	Oturum Başkanı: Doç. Dr. Ayhan ÇİNİCİ
Dr. Öğr. Üyesi Nagihan TANIK ÖNAL Doç. Dr. Nezh ÖNAL	TEKNOLOJİNİN ÇEVREYE ETKİSİ KONUSUNDA FEN BİLGİSİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ DÜŞÜNCELERİ
Dr. Öğr. Üyesi Nagihan TANIK ÖNAL Doç. Dr. Nezh ÖNAL	FEN BİLGİSİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ ÖĞRETİMDE KAHOT KULLANIMIYLA İLGİLİ GÖRÜŞLERİ
Doç. Dr. Ayhan ÇİNİCİ	THE RELATIONSHIP BETWEEN DIGITAL LITERACY LEVELS AND SOCIAL MEDIA USE PURPOSES OF PROSPECTIVE TEACHERS' WHO ATTEND PEDAGOGICAL FORMATION TRAINING
Doç. Dr. Ayhan ÇİNİCİ	PEDAGOJİK FORMASYON EĞİTİMİ ALAN ÖĞRETMEN ADAYLARININ EĞİTİMDE SOSYAL MEDYA KULLANIMINA İLİŞKİN GÖRÜŞLERİNİN İNCELENMESİ
Doç. Dr. Ayhan ÇİNİCİ	PEDAGOJİK FORMASYON EĞİTİMİ ALAN ÖĞRETMEN ADAYLARININ MEDYA OKURYAZARLIK DÜZEYLERİNİN ÇEŞİTLİ DEĞİŞKENLERE GÖRE İNCELENMESİ
Doç. Dr. Filiz GÖLPEK Öğr. Gör. Osman KAVAK	YÜKSEKÖĞRETİM TALEBİ VE GETİRİLERİ
Doç. Dr. İlhan TURAN	ORTAOKUL ÖĞRENCİLERİNİN DEPREM ALGISI (TRABZON ÖRNEĞİ)
Doç. Dr. İlhan TURAN	OTANTİK ÖĞRENMENİN ÇEVRE EĞİTİMİNDE KULLANIMI
Öğr. Gör. Mahmut ÖZÇELİK Öğr. Gör. Dr. Fikret IŞIK	ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNİN SORGULAMA BECERİLERİ İLE İLETİŞİM BECERİLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİ

21.12.2019

Saat: 14.00-17.00 /CUMARTESİ

Salon: 5, Oturum-3	Oturum Başkanı: Prof. Dr. Assiye AKA
Dr. Öğr. Üyesi Yonca ALTINDAL	MEDYADA KADINA YÖNELİK ŞİDDETİN SOSYOLOJİK OKUMASI: BİRGÜN GAZETESİ ÖRNEĞİ
Dr. Öğr. Üyesi Yonca ALTINDAL Büşra ÇETİN	EMEK PİYASASININ 'DIŞIL ÖZNE'LERİ: BALIKESİR KENTİ KADIN GİRİŞİMCİLERİ
Dr. Öğr. Üyesi Yonca ALTINDAL	İSTİHDAM KAPISINI AÇMAYA ÇABALAYAN KADINLARIN MEDYA HALİ: BİRGÜN GAZETESİ
Prof. Dr. Assiye AKA	ŞİDDETİ KAMUSAL ALANDA DENEYİMLEMİŞ KADINLARDA PANOPTİK ETKİLER
Arş. Gör. Dr. Emine AYAN	ZÜLFÜ LİVANELİ'NİN KONSTANTİNİYYE OTELİ ADLI ROMANINDA "KADIN"IN TEMSİLİ
Arş. Gör. Dr. Devran DENİZ	YÖNETİM KURULUNDAKİ KADIN TEMSİLİNİN FİRMA PERFORMANSINA ETKİSİ: BİST UYGULAMASI
Doç. Dr. Gökhan GÖKULU	MEDYA VE ŞİDDET İLİŞKİSİ: KADIN CİNAYETLERİNİN MEDYADA ELE ALINMA BİÇİMİ ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME
Arş. Gör. Dr. M. Funda AFYONOĞLU Doç. Dr. Elif ÇIRAKMAN	BİLİNÇ VE KENDİLİK İLİŞKİSİ: ERKEN DÖNEM SARTRE FELSEFESİNDE ETİK SORUSU
Arş. Gör. Dr. M. Funda AFYONOĞLU Doç. Dr. Serap DAŞBAŞ Prof. Dr. Özlem KARAKUŞ	SURİYELİ KADINLARIN GÖÇ DENEYİMLERİNE DAİR BİR LİTERATÜR İNCELEMESİ

21.12.2019

Saat: 17.00-19.00 /CUMARTESİ

Salon: 1, OTURUM-4	Oturum Başkanı: Doç. Dr. H. Kürşad SEZER
Arş. Gör. B. Elif ŞAMLI Doç. Dr. Zümrüt ÜNAL	KONFEKSİYON ÜRETİMİNDE MALİYET HESAPLAMAYI DESTEKLEYEN ÇEŞİTLİ YAZILIMLARIN ARAŞTIRILMASI
Doç. Dr. Zümrüt ÜNAL Arş. Gör. B. Elif ŞAMLI	YAŞLI KADINLARIN GİYSİ SORUNLARININ ARAŞTIRILMASI
Müh. Zübeyde ARABACILAR Prof. Dr. Nazim PAŞAYEV	TAVUK TÜYLERİNİN LİF ÜRETİMİNE HAZIRLANMASI
Arş. Gör. Oğulcan EREN Doç. Dr. H. Kürşad SEZER	LAZER EKLENTİLİ ERGİYİK BİRİKTİRME (FDM) YÖNTEMİYLE KOMPOZİT PARÇA ÜRETİMİ
Gülseren AVCI Arş. Gör. Oğulcan EREN Doç. Dr. H. Kürşad SEZER	TEKSTİL SEKTÖRÜNE EKLEMELİ İMALAT YAKLAŞIMI: 3B YAZICILAR İLE DENEYSSEL ÇALIŞMA

21.12.2019

Saat: 17.00-19.00 /CUMARTESİ

Salon: 2, Oturum-4	Oturum Başkanı: Dr. Öğr. Üyesi Bülent HANER
Arş. Gör. Tuğçe İNAĞ Dr. Öğr. Üyesi Murat ARIKAN	VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE OECD ÜLKELERİNİN DAHA İYİ YAŞAM DÜZEYİNİN İNCELENMESİ
Dr. Öğr. Üyesi Seher Gülşah TOPUZ Dr. Esra DOĞAN	BÜTÇE KATEGORİZASYONU TEMELİNDE TRANSFER HARCAMALARI VE GELİR EŞİTSİZLİĞİ İLİŞKİSİ
Selen Serenay SİLVAN	ENDÜSTRİ 4.0 DEVRİMİ ve YENİ EKONOMİYE GEÇİŞİN DEĞERLENDİRİLMESİ ÜZERİNE BİR İNCELEME
Dr. Serpil ÇİĞDEM	GİĞ EKONOMİSİNİN DEĞİŞEN İŞGÜCÜ NİTELİKLERİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ
Abdulhanan ZARİFY Dr. Öğr. Üyesi Muhammet Yunus ŞİŞMAN	EKONOMİK ÖZGÜRLÜK VE DOĞRUDAN YABANCI YATIRIMLAR: ORTA VE GÜNEY ASYA ÜLKELERİ ÜZERİNE BİR PANEL VERİ ANALİZİ
Dr. Öğr. Üyesi Merih ANGIN	MACHINE LEARNS INTERNATIONAL ORGANIZATIONS: DETERMINANTS OF IMF PROGRAM DESIGN

21.12.2019

Saat: 17.00-19.00 /CUMARTESİ

Salon: 3, Oturum-4	Oturum Başkanı: Doç. Dr. Aziz Serkan ARSLAN
Salih KALAYCI	THE EFFECTS OF RAILWAY TRANSPORTATION AND FDI ON TRADE BALANCE IN THE CONTEXT OF INTERNATIONAL TRADE: EVIDENCE FROM 7 COUNTRIES
Dr. Öğr. Üyesi İlcut Elif KANDİL GÖKER	SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ENDEKSİNDE YER ALAN FİRMALARIN ÇALIŞMA SERMAYESİ ETKİNLİKLERİNİN İNDEKS YÖNTEMİ İLE ANALİZİ
Arş. Gör. Dr. İlknur KAYA	ANONİM ŞİRKETLERDE MÜKTESEP HAK KAVRAMI
Arş. Gör. Dr. İlknur KAYA	YÖNETİM KURULUNUN TEMSİL YETKİSİNİN DEVRİ BAKIMINDAN TTK M. 367 VE TTK M. 370'İN DEĞERLENDİRİLMESİ

21.12.2019

Saat: 17.00-19.00 /CUMARTESİ

Salon: 4, Oturum-4	Oturum Başkanı: Prof. Dr. Abdulhamit SİNANOĞLU
Alper COŞKUN Prof. Dr. Arzu ŞENER	TÜKETİCİ KREDİSİ VE KONUT FİNANSMANI SÖZLEŞMESİNDE TÜKETİCİNİN KORUNMASI
Serdar Ramazan KAHRAMAN Dr. Öğr. Üyesi Kartal SOMUNCU	YARI VARYANS MODELİ İLE PORTFÖY OPTİMİZASYONU: BİST-100 ENDEKSİ ÜZERİNDE BİR UYGULAMA
Dr. Öğr. Üyesi Kartal SOMUNCU	MANÜPİLASYON YOLU İLE BİST-100'Ü YENMEK MÜMKÜN MÜ?
Metin Kamil ERDOĞAN Prof. Dr. Faik Ahmet SESLİ	TİCARİ GAYRİMENKULLERİN DEĞERİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN BELİRLENMESİ
Dr. Öğr. Üyesi Gülay İRAK Hasret ŞİŞMAN	STRATEJİK MALİYET YÖNETİM TEKNİKLERİ İLE FİNANSAL PERFORMANS ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ: İHRACATÇI FİRMALARDA ÖRNEK BİR UYGULAMA
Şeyma ZARZAVATÇIOĞLU Dr. Öğr. Üyesi Nurullah ALTUN	TÜRKİYE'DE BELEDİYELERİN FİNANSMANI VE SÜREÇ ANALİZİ
Dr. Öğr. Üyesi Aykut ŞARKGÜNEŞİ Zehra GİDER	İHRACAT PAZARLAMA STRATEJİLERİNİN İHRACAT PERFORMANSINA ETKİSİ: TÜRKİYE İÇİN MİKRO VERİ ANALİZİ
Dr. Öğr. Üyesi Aykut ŞARKGÜNEŞİ Azize DEMİRHAN	VERİMLİLİK VE DIŞ TİCARET HADLERİ: OECD ÜLKELERİ İÇİN NEDENSELLİK ANALİZİ

21.12.2019

Saat: 17.00-19.00 /CUMARTESİ

Salon: 5, Oturum-4	Oturum Başkanı: Prof. Dr. Sıdıka BULDUK
PhD. Hayder SHUBBAR MSc. Mohammed KAREEM Assoc. Prof. Dr. Shankar L. LAWARE Asst. Prof. Ruken Esra DEMIRDOGEN Prof. Fatih Mehmet EMEN	CAN BOERHAAVIA DIFFUSA BE USED AS AN ANTI-DIABETIC?
Asst. Prof. Ruken Esra DEMIRDOGEN Hayder SHUBBAR Mohammed Kareem Assoc. Prof. Dr. Shankar L. Laware Prof. Fatih Mehmet EMEN	AN IN-VITRO STUDY ON USE OF TRIDEX (Tridax Procumbens) AS AN ANTI-DIABETIC
Ömer Faruk ATEŞ Osman KINDIR Onur TAYDAŞ Kubilay İNAN	GÖRÜNTÜLEME EŞLİĞİNDE PERKÜTAN VERTEBRAL ve PARAVERTEBRAL LEZYON BİYOPSİSİ: TEK MERKEZ DENEYİMİMİZ KÜNT TORAKS TRAVMALARIN YAŞ GRUPLARINA GÖRE ANALİZİ
Arş. Gör. Dr. Nilay YAĞCI	DEVLET HASTANESİNDE ÇALIŞAN HEMŞİRELERDE TIBBİ HATA GÖRÜLME SIKLIĞI VE NEDENLERİ
Arş. Gör. Elif ÇELİK Prof. Dr. Sıdıka BULDUK	ADÖLESANLARDA PSİKOSOSYAL ÇEVRENİN BESLENME DAVRANIŞINA ETKİSİ
Arş. Gör. Elif ÇELİK Prof. Dr. Sıdıka BULDUK	İŞİNLAMANIN GIDA TEKNOLOJİSİNDE KULLANIMI

22.12.2019

Saat: 09.00-12.00 /PAZAR

Salon: 1, Oturum-1	Oturum Başkanı: Prof. Dr. Hüseyin YOLCU
Doç. Dr. Sinem SOMUNOĞLU İKİNCİ	SAĞLIK SEKTÖRÜNDE MARKA KAVRAMI VE MARKALAŞMA SÜRECİ
Dr. Öğr. Üyesi Davut KARAMAN Ali ŞAHİN	MÜŞTERİ İTİRAZ, ŞİKÂYET, İSTEK VE BEKLENTİLERİNİN İNCELENMESİ: BANKACILIK SEKTÖRÜNDE BİR ARAŞTIRMA
Öğr. Gör. H. Yusuf GÜNGÖR	HAVACILIK SEKTÖRÜ VE TERÖR
Dr. Öğr. Üyesi M. Recep ARMUTLU Öğr. Gör. H. Yusuf GÜNGÖR	HAVAYOLU FİRMALARININ FİNANSAL BAŞARISIZLIKLARININ TAHMİNİ
Prof. Dr. Nezir AKYEŞİLMEN	SOSYAL BİLİMLER VE SİBER ÇALIŞMALAR: SOSYAL BİLİMCİLER SİBER ALANI ÇALIŞMALI MI?
Dr. Tuğba YEGİN	YAPAY ZEKÂNIN PAZARLAMA DÜNYASINI ELE EÇİRMEYECEĞİNİ DÜŞÜNÜYORSANIZ UNUTUN GİTSİN!
Tuba DERYA BASKAN	SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ENDEKSİNE TABİ FİRMALARDA NET ÇALIŞMA SERMAYESİ İLE GERÇEĞE UYGUN DEĞERLEME YÖNTEMLERİNE GÖRE ALACAKLARIN İLİŞKİSİ
Dr. Öğr. Üyesi Esna Betül BUĞDAY Prof. Dr. Arzu ŞENER	TÜKETİCİLERİN HARCAMA VE SATIN ALMA ALİŞKANLIKLARININ İNCELENMESİNE YÖNELİK BİR ARAŞTIRMA
Dr. Öğr. Üyesi Cahit ŞANVER	YENİ BİR KİŞİSEL KAZANÇ TÜRÜ OLARAK ATATÜRK BENZERLİĞİ İLE GELİR ELDE ETMEK SERBEST MESLEK FAALİYETİ KAPSAMINDA MIDIR?
Prof. Dr. Hüseyin YOLCU	BÖLGESEL KALKINMA BANKALARININ EĞİTİMDEKİ ROLÜ: ASYA KALKINMA BANKASI ÖRNEĞİ
Prof. Dr. Hüseyin YOLCU	YETİŞKİNLERİN EĞİTİM İSTEMLERİ ÜZERİNDE BELİRLEYİCİ OLAN DEĞİŞKENLER

22.12.2019

Saat: 09.00-12.00 /PAZAR

Salon: 2, OTURUM-1	Oturum Başkanı: Dr. Öğr. Üyesi Bülent HANER
Nurlana Zakir BAHRAMLI	EVLAT EDİNİLMİŞ VE BİYOLOJİK EBEVEYNİYLE YAŞAYAN ÇOCUKLARIN DAVRANIŞSAL VE DUYGUSAL SORUNLARININ KARŞILAŞTIRMALI OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ
Selahaddin Eyyubi KAPLAN Emre EKSERİN Oğuzhan BAHADIR Dr. Öğr. Üyesi Hafize ER TÜRKÜRESİN	EĞİTİM FAKÜLTESİ ÖĞRENCİLERİNİN KPSS SINAV KAYGILARI İLE TÜKENMİŞLİK DÜZEYLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ
Güllü ÖZDEMİR Elif AKCAÖZ Dr. Öğr. Üyesi Hafize ER TÜRKÜRESİN	SOSYAL BİLGİLER ÖĞRETMEN ADAYLARININ SOSYAL MEDYAYA YÖNELİK TUTUMLARI İLE SOSYAL MEDYA BAĞIMLILIK DÜZEYLERİ ARASINDA Kİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ
Dr. Öğr. Üyesi SUZAN ONUR YAMAN Sena DURMUŞ Ceylan BALIKÇI Merve MAHANOĞLU Zeynep KARA	ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNİN CİNSEL SAĞLIKLA İLGİLİ BİLGİ DÜZEYLERİNİN İNCELENMESİ
Dr. Öğr. Üyesi SUZAN ONUR YAMAN Hilal BİLGİ Aleyna ŞAHİN Ayşe TAŞKIN Halil DENİZ Kübra ÖZTÜRK Miyase KAPLAN Nazlı HAZAR	ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNİN ÇOCUK İHMAL VE İSTİSMARINA YÖNELİK FARKINDALIK VE BİLGİ DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ
Dr. Öğr. Üyesi SUZAN ONUR YAMAN Tuba KESKİN Şeyma Nur AKBIYIK Gizem KARAKOÇ Selen ÜNLÜTÜRK	ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNİN GEBELİK ÖNCESİ DOĞUM KORKULARININ BELİRLENMESİ
Dr. Öğr. Üyesi Aytuğ MERMER ÜZÜMLÜ	ÖĞRENİLMİŞ ÇARESİZLİĞİN YÜKSEKÖĞRENİM ÖĞRENCİLERİNİN MOTİVASYONUNA ETKİSİ

22.12.2019

Saat: 09.00-12.00 /PAZAR

Salon: 3, Oturum-1	Oturum Başkanı: Prof. Dr. Erman YÜKSELTÜRK
Prof. Dr. Erman YÜKSELTÜRK	SANAL GERÇEKLİK İLE ÖĞRETİM MATERYALLERİ HAZIRLAMA: COSPACE UYGULAMASI
Prof. Dr. Erman YÜKSELTÜRK	ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK İLE DERSLER CANLANIYOR: TARİH DERSİ ÖRNEKLERİ
Melike KILIÇ Elif Ebru KEÇECİ Prof. Dr. Güldem DÖNEL AKGÜL	EĞİTSEL DİJİTAL OYUN GELİŞTİRME SÜRECİNİ DENEYİMLEYEN ÖĞRETMEN ADAYLARININ GÖRÜŞLERİ
Elif Ebru KEÇECİ Prof. Dr. Güldem DÖNEL AKGÜL	İLKÖĞRETİM ÖĞRENCİLERİNİN MİKROSKOP ÜZERİNE OLUŞTURDUKLARI METAFORLAR
Doç. Dr. Selami ERYILMAZ Gülhanım DENİZ	TÜRKİYE'DE PROGRAMLAMA EĞİTİMİ İLE İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALARIN İNCELENMESİ: BİR BETİMSSEL ANALİZ ÇALIŞMASI
Adem ŞAHİN Aysel TÜFEKÇİ AKCAN	FELSEFE GRUBU ÖĞRETMEN ADAYLARININ DRAMAYA YÖNELİK TUTUMLARININ İNCELEMESİ
Nayfer ŞAHİN Ali GÜL	ORTAOKUL ÖĞRENCİLERİNİN ÇEVRE OKURYAZARLIĞININ ÇEŞİTLİ DEĞİŞKENLERE GÖRE İNCELENMESİ
Selçuk ARIK Tuğba KOCADAĞ ÜNVER	AKADEMİSYENLERİN VE ÖĞRETMENLERİN STEM EĞİTİMİNE İLİŞKİN METAFORİK ALGILARI
Doç. Dr. Mahmut SAĞIR Hatice ÖNCÜ	OKUL ÖNCESİ ÖĞRETMENLERİNİN PROBLEM ÇÖZME BECERİLERİNE İLİŞKİN ALGILARI; KAHRAMANMARAŞ ÖRNEĞİ
Doç. Dr. Mahmut SAĞIR Hatice ÖNCÜ	OKUL ÖNCESİ ÖĞRETMENLERİNİN ÖĞRENEN ÖZERKLİĞİNİ DESTEKLEME DAVRANIŞLARINA İLİŞKİN ALGILARI; KAHRAMANMARAŞ ÖRNEĞİ

22.12.2019

Saat: 09.00-12.00 /PAZAR

Salon: 4, Oturum-1	Oturum Başkanı: Prof. Dr. Kadircan ÖZKAN
Prof. Dr. Abdullah ŞENGÜL Christina ZENGİNOĞLU	BİR TRAJEDİNİN ROMANI: KARINCALARIN GÜNBATIMI'NDA SÜRGÜN, SINIF (SIZLIK), YAS
Dr. Öğr. Üyesi Esat AYYILDIZ	Eİ-‘ABBÂS B. EL-AHNEF: İDEALİZE EDİLMİŞ AŞK TEMALİ GAZELLERİN ABBÂSÎ DÖNEMİNDEKİ ÖZGÜN BİR TEMSİLCİSİ
Doç. Dr. Macit BALIK	İKİNCİ YENİ’NİN KIYISINDAN TOPLUMCU GERÇEKÇİLİĞE SÜREYYA BERFE
Doç. Dr. Macit BALIK	KORKUDAN GOTİKE: TÜRK EDEBİYATINDA DEHŞETİ KURGULAMAK
Doç. Dr. Seriyye GÜNDOĞDU	AHMET AĞAOĞLU’NUN SIRAT-I MÜSTAKİM DERGİSİNDE ÇIKAN YAZILARI ÜZERİNE BİR İNCELEME
Doç. Dr. Ömer SOLAK	TÜRKİYE’DE EDEBİYAT ÇALIŞMALARININ BİLİMLEŞME SÜRECİ VE SORUNLARI
Prof. Dr. Kadircan ÖZKAN Prof. Dr. Ebru BARDAŞ	MESNEVİDE HAYVAN METAFORLARINDAN ASLAN TİLKİ EŞEK METAFORU
Prof. Dr. Adem ÇAYLAK Yaşar ÇAKMAK	İSMET ÖZEL’DE TÜRK LÜK DÜŞÜNCESİ
Qahirə ŞAHBAZOVA LƏLƏ QIZI	DAVANLI İNKİŞAF VƏ TƏHSİLDƏ İKT
Doç. Dr. Dilek ÇETİNDAS	TÜRK DARBE EDEBİYATI VE ROMAN
Özer BERKET	SİNEMA’DA AUTHEUR KURAMI BAĞLAMINDA REHA ERDEM SİNEMASI’NA BAKIŞ

22.12.2019

Saat: 09.00-12.00 /PAZAR

Salon: 5, Oturum 1	Oturum Başkanı: Korkmaz YİĞİTER
Dr. Öğr. Üyesi Tolga ESKİ	SINIF ÖĞRETMENLİĞİNDEN BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ÖĞRETMENLİĞİNE GEÇİŞ YAPAN ÖĞRETMENLERİN BRANŞ DEĞİŞİKLİĞİNE İLİŞKİN DENEYİMLERİ
Dr. Öğr. Üyesi Tolga ESKİ	ÖZEL EĞİTİM KURUMLARINDA GÖREV ALAN BEDEN EĞİTİMİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ DÜŞÜNCELERİ
Recep AYHAN Turan ÇETİNKAYA	SPOR BÖLÜMLERİNDE ÖĞRENİM GÖREN ÖĞRENCİLERİNİN PSİKOLOJİK DAYANIKLILIK DÜZEYLERİNİN FARKLI DEĞİŞKENLER AÇISINDAN İNCELENMESİ
Turan ÇETİNKAYA Recep AYHAN	SPOR BÖLÜMLERİNDE ÖĞRENİM GÖREN ÖĞRENCİLERİN EMPATİK EĞİLİM DÜZEYLERİNİN FARKLI DEĞİŞKENLER AÇISINDAN İNCELENMESİ
Dr. Onur Mutlu YAŞAR	SPOR FİTNESS MERKEZLERİNİN ALGILANAN HİZMET KALİTESİ (KASTAMONU ÖRNEĞİ)
Korkmaz YİĞİTER Okan ŞAHİN	FOOTBALL AND HOPELESSNESS. DOES BEING A FOOTBALL PLAYER DECREASE OR INCREASE THE HOPELESSNESS LEVEL OF THE YOUNG PLAYERS AGED 13-17?
Korkmaz YİĞİTER Okan ŞAHİN	FOOTBALL AND SELF-ESTEEM. DOES BEING A FOOTBALL PLAYER DECREASE OR INCREASE THE SELF-ESTEEM LEVEL OF THE YOUNG PLAYERS AGED 13-17?
Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Aslı HONÇA Fatih GÜR	FUTBOL TARAFTARLARININ MÜSABAKA ŞARTLARINA YÖNELİK TUTUMLARININ BELİRLENMESİ: MKE ANKARAGÜCÜ, KARDEMİR KARABÜKSPOR, ADANA DEMİRSPOR ÖRNEĞİ

22.12.2019

Saat: 12.00-14.00 /PAZAR

Salon: 1 Oturum-2	Oturum Başkanı: Dr. Öğr. Üyesi Bülent HANER
Arş. Gör. Seyhan SEYHAN Doç. Dr. Elif BAYRAMOĞLU	KAMPÜS ALANLARINDA TARIM ALANLARININ EĞİTİM AMAÇLI KULLANILMASI
Doç. Dr. Banu Çiçek KURDOĞLU Doç. Dr. Elif BAYRAMOĞLU Arş. Gör. Seyhan SEYHAN	KENTSEL AÇIK ALANLARDA VE KENT PARKLARINDA GÜNCEL BİLGİ SİSTEMLERİNİN KULLANILMASI
Peyzaj Yüksek Mimarı Fatma ÖZKAN Prof. Dr. Atilla GÜL	KORUNAN ALANLARDA NDVI VE NDWI VERİLERİ İLE ZAMANSAL DEĞİŞİM ANALİZİ, KOVADA GÖLÜ MİLLİ PARKI ÖRNEĞİ
Arş. Gör. Dr. Elif Tuğba YALAZ	MİMARLIK EĞİTİMİNDE İŞBİRLİKÇİ ÖĞRENME: YAPI BİLGİSİ DERSİ ÖRNEĞİ
Murat GÜL Dr. Öğr. Üyesi Kemal YAMAN	KENT İÇİ ULAŞIMDA RAYLI SİSTEMLERİN ÖNEMİ VE ANKARA, BERLİN, LONDRA VE PARİS'İN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ
Dr. Öğr. Üyesi Sibel DEMİRARSLAN	MİMARİ ESTETİK: GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE BEĞENİ & TASARIM UNSURLARI VE ALGI İLİŞKİSİ
Dr. Öğr. Üyesi Sibel DEMİRARSLAN	BİR MALZEME OLARAK CAM: MİMARİ TASARIM VE MEKÂNDAN KULLANIM ALANLARI

22.12.2019

Saat: 12.00-14.00 /PAZAR

Salon: 2, Oturum-2	Oturum Başkanı: Assoc. Prof. Dr. Ferit GÜRBÜZ
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Kemal TURAL	ON THE HARDNESS OF SUBSET SUM PROBLEMS BY ORDINARY BRANCH-AND-BOUND
Assoc. Prof. Dr. Ferit GÜRBÜZ	MULTILINEAR COMMUTATORS GENERATED BY LUSIN-AREA INTEGRAL AND LOCAL CAMPANATO FUNCTIONS ON GENERALIZED VANISHING LOCAL MORREY SPACES
Gözde ÖZKAN TÜKEL	GENERALIZED TORSION ENERGY ACTION IN MINKOWSKI 3-SPACE
Mustafa Tolga DATLICA Doç. Dr. Erman ÇAKIT	ST-DBSCAN ALGORİTMASININ KONUM VERİLERİ ÜZERİNDE UYGULANMASI VE RUTİNLERİN TESPİTİ
Dr. Öğr. Üyesi Tunahan TURHAN Dr. Öğr. Üyesi Gözde ÖZKAN TÜKEL	SPHERICAL INDICATRIX MAGNETIC TRAJECTORIES
Tunahan TURHAN	CONTRIBUTION TO EVOLUTION OF TIMELIKE CURVES WITH TYPE-3 BISHOP FRAME
A. САРБАЛИНА З.М. АРТУКМАТОВА	АНТОНИМИЯНЫҢ ТЕРМИНДІК ЖІКТЕЛУІ

22.12.2019

Saat: 12.00-14.00 /PAZAR

Salon: 3 Oturum-2	Oturum Başkanı: Dr. Öğr. Üyesi Zeynel Abidin POLAT
Gözde ŞAHİNKAYA Prof. Dr. Faik Ahmet SESLİ Doç. Dr. Varol KOÇ	(BIM) YAPI BİLGİ MODELLEMESİ'NİN TÜRKİYE İÇİN UYGULANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI
Dr. Öğr. Üyesi Seçil Gül MEYDAN YILDIZ	AYAN KÖYÜ YERLEŞİM PLANI ÖRNEĞİNDE KÖY PLANLAMASI
Dr. Seval Sünal KAVAKLIGİL Arş. Gör. Ülkü YILMAZ Prof. Dr. Sabit ERŞAHİN	PEDOLOJİ ARAŞTIRMALARINA YENİ VE GÜÇLÜ BİR BAKIŞ AÇISI: HİDROPEDOLOJİ
Dr.Mehmet SANDALCI Dr.Farrok MAHNAMFAR	HAVA KALİTE İNDEKSİNİN REGRESYON ANALİZİ İLE MODELLENMESİ: DİLOVASI-KOCAELİ ÖRNEĞİ
Barbaros ATMACA	THE EFFECT OF POST-TENSIONING FORCES OF STAY-CABLE ON THE STRUCTURAL BEHAVIOR OF CABLE-STAYED BRIDGE
Dr. Öğr. Üyesi Zeynel Abidin POLAT	QR KODUN HARİTA MÜHENDİSLİĞİ UYGULAMALARINA ENTEGRASYONU
Neslihan ALTUN Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Bengü SÜNBÜL GÜNER	TAŞ KOLONLARIN SONLU ELEMANLARA DAYALI DAVRANIŞ ANALİZİ

22.12.2019

Saat: 12.00-14.00 /PAZAR

Salon: 4, Oturum-2	Oturum Başkanı: Prof. Dr. Abdulhamit SİNANOĞLU
Şeyma Nur DÜNDAR Doç. Dr. Mehmet KARA	YABANCILARA TÜRKÇE ÖĞRETİMİNDE DİNLEME BECERİSİNİN BİR WEB UYGULAMASI ARACILIĞIYLA GELİŞTİRİLMESİ
Prof. Dr. Yusuf BUDAK Elçin BACA	5. SINIF TÜRKÇE ÖĞRETİM PROGRAMININ VE DERS KİTABININ 5E MODELİNE GÖRE İNCELENMESİ
Dr. İskender DAŞDEMİR Doç. Dr. Aylin MENTİŞ KÖKSOY	İLKÖĞRETİM ORTAOKUL ÖĞRENCİLERİNİN SOSYAL BİLGİLER DERSİNE İLİŞKİN TUTUMLARININ BELİRLENMESİ
Akif AZAK Süleyman Alpaslan SULAK Halil Erbil GÜNER	ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNİN WEB 2.0 ARAÇLARINA YÖNELİK GÖRÜŞLERİ VE KULLANMA DÜZEYLERİNİN ÇEŞİTLİ DEĞİŞKENLER AÇISINDAN İNCELENMESİ
Tayyibe ŞAKIR Süleyman Alpaslan SULAK	EĞİTİM FAKÜLTESİ ÖĞRENCİLERİNİN ELEŞTİRİLE DÜŞÜNME EĞİLİMLERİ İLE MEDYA OKURYAZARLIK DÜZEYLERİNİN ÇEŞİTLİ DEĞİŞKENLER AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ
Arş. Gör. Abdullah BAL Prof. Dr. Nesrin ÖZDENER	İŞBİRLİĞİ VE REKABET ÖGELERİ İÇEREN EĞİTSEL BİR OYUNUN SINIF ETKİNLİĞİ VE EV ÖDEVİ OLARAK KULLANILMASI
Prof. Dr. Şebnem Kandil İNGEÇ Saadet TURAN	BİLİM MERKEZLERİNDE KURULAN FİZİK TEMALİ SERGİLERİN FİZİK ÖĞRETİM PROGRAMINDA BULUNAN KAZANIMLAR VE KONULARI DESTEKLEME DURUMU
Dr. Öğr. Üyesi Nurullah ALTINTAŞ Arş. Gör. İsmail SARITEKE	ENFLASYON İLE GELİR DAĞILIMI İLİŞKİSİ: 1987-2017 DÖNEMİ TÜRKİYE ÖRNEĞİ
Arş. Gör. İsmail SARITEKE	ŞİRKET MENFAATİ KAVRAMI VE KARŞILAŞTIRMALI HUKUKTA İNCELENMESİ
Arş. Gör. İsmail SARITEKE Dr. Öğr. Üyesi Nurullah ALTINTAŞ	BİR GÖSTERGE OLARAK HUKUKUN ÜSTÜNLÜĞÜ KAVRAMI VE ÖLÇÜLMESİ

22.12.2019

Saat: 12.00-14.00 /PAZAR

Salon: 5, Oturum-2	Oturum Başkanı: Doç. Dr. İsmail ŞAHİN
Arş. Gör. Neslihan TOP Doç. Dr. İsmail ŞAHİN	OTOMOBİL SALINCAK KOLUNUN TRIZ YAKLAŞIMI İLE OPTİMİZASYONU ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA
Mehmet Can KATMER Dr. Öğr. Üyesi Cengiz ELDEM Arş. Gör. Neslihan TOP	İNSANSIZ HAVA ARAÇLARINDA KULLANILAN OTOMATİK KALKIŞ VE İNİŞ SİSTEMİ RADARININ ERGONOMİK ANALİZİ
Dr. Harun GÖKÇE Doç. Dr. İsmail ŞAHİN Arş. Gör. Neslihan TOP	TURBOJET MOTOR TUTMA BRAKETİNİN TOPOLOJİ OPTİMİZASYON DESTEKLİ YAPISAL TASARIMI
Prof. Dr. Coşku KASNAKOĞLU Pınar YÜCEL	SABİT KANATLI İNSANSIZ HAVA ARAÇLARINDA ÇOKLU OTOPILOT SİSTEMLERİ
Emin Tugay KEKEÇ Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KONAR Doç. Dr. Tuğrul OKTAY	TERMAL HAVA AKIMLARININ SABİT KANATLI HAVA ARAÇLARININ UÇUŞ SÜRESİ VE MENZİLİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

22.12.2019
Saat: 14.00-17.00 /PAZAR

Salon: 1, Oturum-3	Oturum Başkanı: Dr. Hakan KELES
Sema Yiyit DOĞAN	INVESTIGATION OF THE EFFECT OF SUGAR ON ANTIOXIDANT ACTIVITY OF HERBAL TEAS
İbrahim TEBER Prof. Dr. Ercan BURSAL	Nepeta nuda subsp. albiflora BİTKİ EKSTRELERİNİN ANTIÖKSİDAN AKTİVİTELERİNİN FARKLI in vitro BİYOANALİTİK METOTLAR ile BELİRLENMESİ
Ziraat Yük. Müh. Aykut BOZKURT Prof. Dr. Mehmet YAĞMUR	FARKLI EKİM SIKLIKLARININ VE EKİM ZAMANLARININ FASULYEDE VERİM VE BAZI VERİM ÖĞELERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ
Dr. Arş. Gör. Servet ARAS Dr. Arş. Gör. Hakan KELES	LIMITING FACTORS FOR CHERRY PRODUCTION
Dr. Arş. Gör. Servet ARAS Dr. Arş. Gör. Hakan KELES	EFFECTS OF SALT STRESS IN PLANTS
Dr. Arş. Gör. Servet ARAS Dr. Arş. Gör. Hakan KELES	EFFECT OF DROUGHT STRESS ON PEACH CULTIVAR "CRESTHAVEN" GRAFTED ONTO GARNEM AND GF677 ROOTSTOCKS
Dr. Hakan KELES Dr. Servet ARAS	KURAKLIK STRESİNE KARŞI SU TUTMA KAPASİTESİNİ ARTIRICILARIN KULLANIM OLANAKLARI
Dr. Hakan KELES Dr. Servet ARAS	MİKROORGANİZMA İÇERİKLİ GÜBRELER, AVANTAJLARI VE KULLANIM OLANAKLARI
Dr. Hakan KELES Dr. Servet ARAS	ALIÇ' in (Crataegus spp.) ANAÇ OLARAK DEĞERLENDİRİLME POTANSİYELİ
Duygu ATEŞ Prof. Dr. Tamer ALBAYRAK	GENETIC INVESTIGATION OF BREEDER CHUKAR PATRIDGE IN BREEDING STATIONS IN TURKEY
Arş Gör. Ülkü YILMAZ Arş. Gör. Dr. Seval SÜNAL KAVAKLIGİL Prof. Dr. Sabit ERŞAHİN	YARI KURAK MERALARDA TOPRAKLARIN BAZI FİZİKO-KİMYASAL ÖZELLİKLERİ
Ayla BİLGİN	GÖL SU KALİTESİNİN TROFİK DURUMUNUN DEĞERLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN İNDEKSLER
Ayla BİLGİN Hatice Dünder BAYRAKTAR	GÖKSU GÖLETİ SU KALİTESİNİN TEMEL BİLEŞENLER ANALİZİ KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

22.12.2019
Saat: 14.00-17.00 /PAZAR

Salon: 2, Oturum -3	Oturum Başkanı: Res. Asst. Serhan KÖKTAŞ
Ataberk TOPCU Benjamin MEIER Onur MURATAL Jürgen M. Lackner Rıdvan YAMANOGLU	SLM TEKNİĞİ İLE ÜRETİLEN Ti-6Al-4V ALAŞIMININ AŞINMA ÖZELLİKLERİ
Arş. Gör. Dr. Doğan ÇİRMİ Doç. Dr. Rezan AYDIN	DESTEK MATERYALSIZ POLİPİROL ELEKTROT ÜZERİNDE CO ₂ 'İN ELEKTROKİMYASAL İNDİRGENMESİ
Res. Asst. Ahmet Çağrı KILINÇ Prof. Dr. Ali Aydın GÖKTAŞ Res. Asst. Özgür Yasin KESKİN Res. Asst. Serhan KÖKTAŞ	EXTRUSION BASED ADDITIVE MANUFACTURING OF BRONZE PARTS
Res. Asst. Serhan KÖKTAŞ Prof. Dr. Ali Bülent ÖNAY Res. Asst. Ahmet Çağrı KILINÇ	EFFECT OF MILLING PARAMETERS ON THE COATINGS PRODUCED BY MECHANICAL ALLOYING
Tolunay MİDİLLİ Prof. Dr. Uğur ŞEN	KURŞUN İÇERMİYEN BNBT6 PİEZOELEKTRİK SERAMİKLERE Fe ₂ O ₃ İLAVESİNİN ETKİSİ
Esra ÖZDEMİR Gülşah KAPAĞAN Dr. Öğr. Üyesi İsmail TOPCU	CaCO ₃ TAKVİYESİ İLE ÜRETİLEN AL/CaCO ₃ HİDROJEN DEPOLAMA TANKİNİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ
Özge TOPAL Ayşe İlayda UĞURLU Prof. Dr. Mehmet Burhan KARAKOÇ Arş. Gör. Ahmet ÖZCAN	RELATIONSHIP BETWEEN COMPRESSIVE STRENGTH AND UPV OF GGBFS BASED-GEOPOLYMER CONCRETE CONTAINING RCA

22.12.2019

Saat: 14.00-17.00 /PAZAR

Salon: 3, Oturum-3	Oturum Başkanı: Asst. Prof. Dr. Yildiray PALABIYIK
Orhan OĞULGANMIŞ Erdem ÖRS Gülcan CİMCİMOĞLU Doç. Dr. Hakan DİLİPAK	YÜZEY FREZELEME İŞLEMİNDE KESME KUVVETİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ VE REGRESYON ANALİZİ İLE TAHMİNİ
Dr. Buğra YILDIZ Prof. Dr. Yiğit GÜNDÜÇ	THERMAL AND GROUND STATE ENTANGLEMENT OF ISING SPIN CHAIN WITH THE PRESENCE OF MAGNETIC FIELD
Cenk ANDIÇ	TÜRKİYE'DEKİ GÜÇ SİSTEMİNDE PARÇACIK SÜRÜ OPTİMİZASYON ALGORİTMASI KULLANILARAK EKONOMİK YÜK DAĞITIMI
Yasin Furkan GORGULU Mustafa Arif OZGUR Ramazan KOSE	HORIZONTAL WIND TURBINE APPLICATION IN DOHA METRO, QATAR
Geo.Eng. (MSc.) Adil OZDEMİR Asst. Prof.Dr. Yildiray PALABIYIK	SIGNIFICANCE OF RELATIONSHIPS BETWEEN HYDROCARBONS AND METALLIC ORE DEPOSITS IN OIL AND GAS EXPLORATION: PART I. GOLD DEPOSITS
Geo.Eng. (MSc.) Adil OZDEMİR Asst. Prof. Dr. Yildiray PALABIYIK	SIGNIFICANCE OF RELATIONSHIPS BETWEEN HYDROCARBONS AND METALLIC ORE DEPOSITS IN OIL AND GAS EXPLORATION: PART II. COPPER DEPOSITS
Geo.Eng. (MSc.) Adil OZDEMİR Asst. Prof.Dr. Yildiray PALABIYIK	SIGNIFICANCE OF RELATIONSHIPS BETWEEN HYDROCARBONS AND METALLIC ORE DEPOSITS IN OIL AND GAS EXPLORATION: PART III. LEAD AND ZINC DEPOSITS
Doç.Dr.Ezgi GÜNAY	GEOMETRİK OLARAK GÜÇLENDİRİLMİŞ METAL-PLASTİK KOMPOZİT TAŞIT MODELİNİN STATİK BURKULMA ANALİZİ

22.12.2019

Saat: 14.00-17.00 /PAZAR

Salon: 4, Oturum-3	Oturum Başkanı: Dr. Öğr. Üyesi Onur ARSLAN
Arş. Gör. Oğulcan EREN Doç. Dr. H. Kürşad SEZER	ÜRETKEN TASARIM VE TOPOLOJİ OPTİMİZASYONU YAKLAŞIMLARIYLA ÜRÜN TASARIMI
Burak Berk ARINCI Arş. Gör. Oğulcan EREN Doç. Dr. H. Kürşad SEZER	FDM YAZICI İLE KÜRESEL VANA PROTOTİP ÇALIŞMASI
Turgay TAMER Arş. Gör. Oğulcan EREN Doç. Dr. H. Kürşad SEZER	3 BOYUTLU YAZICILARIN MEDİKAL UYGULAMALARI VE AYAK BİLEĞİ ORTEZ ÜRETİMİ
Arş. Gör. Kenan CAN Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Savaş DALMIŞ	GTA YÖNTEMİ KULLANILARAK Ni VE NiCr KAPLANMIŞ AISI 1040 ÇELİĞİNİN KAPLAMA BÖLGESİNDEKİ MİKROYAPI VE MİKROSERTLİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ
Arş. Gör. Kenan CAN Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Savaş DALMIŞ Prof. Dr. Serdar Osman YILMAZ	AISI10Mg ALAŞIMININ YAPAY YAŞLANDIRMA UYGULAMASININ DÖNEL EĞİLMELİ YORULMA DAVRANIŞINA ETKİSİ
Mustafa TARI Assoc. Prof. Dr. Hasan Erdoğan KOÇER	QUALITY CONTROL WITH IMAGE PROCESSING IN SYRINGE PRODUCTION
Taha TÜKEL Prof. Dr. Mustafa YURDAKUL	LAZER İLE KESİM PARAMETRELERİNİN DENEY TASARIM YÖNTEMİ İLE EN İYİLENMESİ
Dr. Öğr. Üyesi Onur ARSLAN	ÜÇGEN RİJİT ZIMBA İLE YÜKLENEN YANAL DERECELENDİRİLMİŞ KATMANLARIN KAYMA TEMAS PROBLEMLERİNDE GERİLME ŞİDDETİ FAKTÖRÜ HESAPLAMALARI
Fuat Sinan ATEŞ Doç. Dr. İsmail ŞAHİN Dr. Harun GÖKÇE	EKLEMELİ İMALAT İÇİN TOPOLOJİ OPTİMİZASYONU ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

22.12.2019
Saat: 14.00-17.00 /PAZAR

Salon-5, Oturum-3	Oturum Başkanı: Doç. Dr. Muharrem KIRAK
E. KUTLU-NARİN	FE-KATKILI α -S ₃ N ₄ 'ÜN ELEKTRONİK VE OPTİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ
Doç. Dr. Olcay GENÇYILMAZ	INVESTIGATION OF CHANGE IN OPTICAL PROPERTIES OF ZnO FILMS BY Mg DOPING
Doç. Dr. Olcay GENÇYILMAZ	ELLIPSOMETRIC, OPTIC AND SURFACE TOPOGRAPHY STUDIES OF CdS FILMS
Doç. Dr. Muharrem KIRAK	GAUSSIAN VE PARABOLİK-TERS KARE POTANSİYELİNDEKİ KUANTUM NOKTANIN TERMODİNAMİK DAVRANIŞLARI
Doç. Dr. Muharrem KIRAK	AYARLANMIŞ KUANTUM NOKTADA MANYETİK ALINGANLIK: SICAKLIK, MANYETİK ALAN, POTANSİYEL PARAMETRELERİ VE SAFSIZLIK ETKİLERİ
İbrahim ASLIYÜCE	TEKNOLOJİ BAĞIMLILIĞINDA İYONLAŞTIRICI OLMAYAN ELEKTROMANYETİK RADYASYON FARKINDALIĞI
Derya KILIC Asst. Prof. Ruken Esra DEMIRDOGEN Asst. Prof. Aslıhan CESUR TURGUT Asst. Prof. Tuncay YESILKAYNAK Prof. Fatih Mehmet EMEN Ali İhsan KARACOLAK	PRODUCING CORCHORUS CAPSULARIS L. FIBERS MODIFIED WITH LAYERED DOUBLE HYDROXIDES
Derya KILIC Prof. Fatih Mehmet EMEN Asst. Prof. Ruken Esra DEMIRDOGEN Ali İhsan KARACOLAK Fatih DEMİR Mohammed Asım ALİ Emine KUTLU	2-THIOPHENYLTHIOUREA-MCM-41 COMPOSITE FOR DRUG DELIVERY SYSTEM
Doç. Dr. Mustafa Kemal GÜMÜŞ	ORGANİK KİMYADA BİĞİNELLİ TİPİ MULTİKOMPONENT REAKSİYONLAR VE ÖNEMİ

POSTER SUNUMLAR	
Assoc. Prof. Dr. Meltem YILMAZ Özge ERDEM	CHROMATOGRAPHIC DETERMINATION OF ORGANOCHLORINATED PESTICIDES IN DRINKING AND IRRIGATION WATERS IN AYAŞ COUNTY
Assoc. Prof. Dr. Meltem YILMAZ	FUNGAL AMATOKSİNLERİN TESPİTİNDE KULLANILAN FARKLI YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI
Res. Asst. Serhan KÖKTAŞ Res. Asst. Ahmet Çağrı KILINÇ Prof. Dr. Ali Aydın GÖKTAŞ	PRODUCTION OF EGGHELL DERIVED HYDROXYAPATITE COATINGS BY SOL GEL METHOD
Prof.Dr. Ebru BARDAŞ Dr.Yusuf Kemal ARSLAN Prof.Dr. Kadircan ÖZKAN	UYKUSUZLUĞA BAĞLI ÖĞRENME GÜÇLÜĞÜNDE GINKGO BİLOBA VE KIRMIZI KORE GİNSENGİ EKSTRATLARININ ÖĞRENMEYİ ARTTIRICI ETKİSİ
Prof.Dr. Ebru BARDAŞ Prof.Dr. Kadircan ÖZKAN Dr.Yusuf Kemal ARSLAN Asoc.Prof.Dr.Nihal CETİN	THE IN-VITRO EFFECTS OF SODIUM FLUORIDE ON REDOX HOMEOSTASIS AND ANTIOXIDANT DEFENCE SYSTEM IN SPERMATOOZOA
Mehmet Ali YAFEZ Mesut CEMİLOĞLU	BETA GLUKAN VE KARDİYOVASKÜLER SAĞLIK
Mesut CEMİLOĞLU	PEYNİR ALTI SUYUNDAN PROTEİN KONSANTRESİ ELDESİ
Burcu İMECE Doç. Dr. Serap GÜRBÜZ DEMİR Doç. Dr. Seyfullah MADAKBAŞ	İBUPROFEN VE PARASETAMOLÜN ÇEŞİTLİ POLİMERİK MALZEMELERDEN KONTROLLÜ SALINIMI
Г. ҒАЛЫМҚЫЗЫ	ИННОВАЦИЈАЛЫҚ ҚЫЗМЕТТИ МЕМЛЕКЕТТИК ПЕТТЕУ
A. E. KUSSANOVA	INTRODUCTION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN THE TRAINING OF DIRECTORS-CHOREOGRAPHERS

FOTOĞRAF GALERİSİ













SPIRO-

Yield 5 (%)²

87
80
84
78
59
56
43
85
73

Sadash, S. V. Shishkina, S. M. Desenko, *Tetrahedron*

22. 12. 2019 15:42









**Tüm Fotoğraflar IKSAD KONGRE TOPLULUĞU- IKSAD
CONGRESS SOCIETY Facebook Gurubunda yayınlanmıştır.**

TAM METİNLER

Arş. Gör. Seyhan SEYHAN Doç. Dr. Elif BAYRAMOĞLU	KAMPÜS ALANLARINDA TARIM ALANLARININ EĞİTİM AMAÇLI KULLANILMASI	Sayfa 1
Doç. Dr. Banu Çiçek KURDOĞLU Doç. Dr. Elif BAYRAMOĞLU Arş. Gör. Seyhan SEYHAN	KENTSEL AÇIK ALANLARDA VE KENT PARKLARINDA GÜNCEL BİLGİ SİSTEMLERİNİN KULLANILMASI	Sayfa 8
Araş. Gör. Dr. Elif Tuğba YALAZ	MİMARLIK EĞİTİMİNDE İŞBİRLİKÇİ ÖĞRENME: YAPI BİLGİSİ DERSİ ÖRNEĞİ	Sayfa 13
Murat GÜL Dr. Öğr. Üyesi Kemal YAMAN	KENT İÇİ ULAŞIMDA RAYLI SİSTEMLERİN ÖNEMİ VE ANKARA, BERLİN, LONDRA VE PARİS'İN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ	Sayfa 22
Dr. Öğr. Üyesi Sibel DEMİRARSLAN	MİMARİ ESTETİK: GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE BEĞENİ & TASARIM UNSURLARI VE ALGI İLİŞKİSİ	Sayfa 37
Dr. Öğr. Üyesi Sibel DEMİRARSLAN	BİR MALZEME OLARAK CAM: MİMARİ TASARIM VE MEKÂNDAN KULLANIM ALANLARI	Sayfa 51
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Kemal TURAL	ON THE HARDNESS OF SUBSET SUM PROBLEMS BY ORDINARY BRANCH-AND-BOUND	Sayfa 67
Assoc. Prof. Dr. Ferit GÜRBÜZ	MULTILINEAR COMMUTATORS GENERATED BY LUSIN-AREA INTEGRAL AND LOCAL CAMPANATO FUNCTIONS ON GENERALIZED VANISHING LOCAL MORREY SPACES	Sayfa 72
Mustafa Tolga DATLICA Doç. Dr. Erman ÇAKIT	ST-DBSCAN ALGORİTMASININ KONUM VERİLERİ ÜZERİNDE UYGULANMASI VE RUTİNLERİN TESPİTİ	Sayfa 79
Gözde ŞAHİNKAYA Prof. Dr. Faik Ahmet SESLİ Doç. Dr. Varol KOÇ	(BIM) YAPI BİLGİ MODELLEMESİ'NİN TÜRKİYE İÇİN UYGULANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI	Sayfa 85
Dr. Öğr. Üyesi Seçil Gül MEYDAN YILDIZ	AYAN KÖYÜ YERLEŞİM PLANI ÖRNEĞİNDE KÖY PLANLAMASI	Sayfa 101
Dr. Seval Sünal KAVAKLIGİL Arş. Gör. Ülkü YILMAZ Prof. Dr. Sabit ERŞAHİN	PEDOLOJİ ARAŞTIRMALARINA YENİ VE GÜÇLÜ BİR BAKIŞ AÇISI: HİDROPEDOLOJİ	Sayfa 109
Barbaros ATMACA	THE EFFECT OF POST-TENSIONING FORCES OF STAY-CABLE ON THE STRUCTURAL BEHAVIOR OF CABLE-STAYED BRIDGE	Sayfa 120
Dr. Öğr. Üyesi Zeynel Abidin POLAT	QR KODUN HARİTA MÜHENDİSLİĞİ UYGULAMALARINA ENTEGRASYONU	Sayfa 126
Mehmet Can KATMER Dr. Öğr. Üyesi Cengiz ELDEM Arş. Gör. Neslihan TOP	İNSANSIZ HAVA ARAÇLARINDA KULLANILAN OTOMATİK KALKIŞ VE İNİŞ SİSTEMİ RADARININ ERGONOMİK ANALİZİ	Sayfa 134
Arş. Gör. Neslihan TOP Doç. Dr. İsmail ŞAHİN	OTOMOBİL SALINCAK KOLONUN TRIZ YAKLAŞIMI İLE OPTİMİZASYONU ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA	Sayfa 141
Prof. Dr. Coşku KASNAKOĞLU Pınar YÜCEL	SABİT KANATLI İNSANSIZ HAVA ARAÇLARINDA ÇOKLU OTOPİLOT SİSTEMLERİ	Sayfa 149
Arş. Gör. Dr. Doğan ÇİRMİ Doç. Dr. Rezan AYDIN	DESTEK MATERYALSIZ POLİPİROL ELEKTROT ÜZERİNDE CO ₂ 'İN ELEKTROKİMYASAL İNDİRGENMESİ	Sayfa 161
Tolunay MİDİLLİ Prof. Dr. Uğur ŞEN	KURŞUN İÇERMİYEN BNBT6 PİEZOELEKTRİK SERAMİKLERE Fe ₂ O ₃ İLAVESİNİN ETKİSİ	Sayfa 171
Özge TOPAL Ayşe İlayda UĞURLU Prof. Dr. Mehmet Burhan KARAKOÇ	RELATIONSHIP BETWEEN COMPRESSIVE STRENGTH AND UPV OF GGBFS BASED-GEOPOLYMER CONCRETE CONTAINING RCA	Sayfa 178

<i>Arş. Gör. Ahmet ÖZCAN</i>		
<i>Orhan OĞULGANMIŞ Erdem ÖRS Gülcan CİMCİMOĞLU Doç. Dr. Hakan DİLİPAK</i>	<i>YÜZEY FREZELEME İŞLEMİNDE KESME KUVVETİNİN DENEYSSEL OLARAK İNCELENMESİ VE REGRESYON ANALİZİ İLE TAHMİNİ</i>	<i>Sayfa 183</i>
<i>Dr. Buğra YILDIZ Prof. Dr. Yiğit GÜNDÜÇ</i>	<i>THERMAL AND GROUND STATE ENTANGLEMENT OF ISING SPIN CHAIN WITH THE PRESENCE OF MAGNETIC FIELD</i>	<i>Sayfa 195</i>
<i>Cenk ANDİÇ</i>	<i>TÜRKİYE'DEKİ GÜÇ SİSTEMİNDE PARÇACIK SÜRÜ OPTİMİZASYON ALGORİTMASI KULLANILARAK EKONOMİK YÜK DAĞITIMI</i>	<i>Sayfa 200</i>
<i>Yasin Furkan GORGULU Mustafa Arif OZGUR Ramazan KOSE</i>	<i>HORIZONTAL WIND TURBINE APPLICATION IN DOHA METRO, QATAR</i>	<i>Sayfa 210</i>
<i>Geo.Eng. (MSc.) Adil OZDEMİR Asst. Prof.Dr. Yildiray PALABIYIK</i>	<i>SIGNIFICANCE OF RELATIONSHIPS BETWEEN HYDROCARBONS AND METALLIC ORE DEPOSITS IN OIL AND GAS EXPLORATION: PART I. GOLD DEPOSITS</i>	<i>Sayfa 219</i>
<i>Geo.Eng. (MSc.) Adil OZDEMİR Asst. Prof. Dr. Yildiray PALABIYIK</i>	<i>SIGNIFICANCE OF RELATIONSHIPS BETWEEN HYDROCARBONS AND METALLIC ORE DEPOSITS IN OIL AND GAS EXPLORATION: PART II. COPPER DEPOSITS</i>	<i>Sayfa 230</i>
<i>Geo.Eng. (MSc.) Adil OZDEMİR Asst. Prof.Dr. Yildiray PALABIYIK</i>	<i>SIGNIFICANCE OF RELATIONSHIPS BETWEEN HYDROCARBONS AND METALLIC ORE DEPOSITS IN OIL AND GAS EXPLORATION: PART III. LEAD AND ZINC DEPOSITS</i>	<i>Sayfa 240</i>
<i>Arş. Gör. Oğulcan EREN Doç. Dr. H. Kürşad SEZER</i>	<i>ÜRETKEN TASARIM VE TOPOLOJİ OPTİMİZASYONU YAKLAŞIMLARIYLA ÜRÜN TASARIMI</i>	<i>Sayfa 251</i>
<i>Burak Berk ARINCI Arş. Gör. Oğulcan EREN Doç. Dr. H. Kürşad SEZER</i>	<i>FDM YAZICI İLE KÜRESEL VANA PROTOTİP ÇALIŞMASI</i>	<i>Sayfa 263</i>
<i>Arş.Gör.Kenan CAN Dr.Öğr.Üyesi İbrahim Savaş DALMIŞ</i>	<i>GTA YÖNTEMİ KULLANILARAK Ni VE NiCr KAPLANMIŞ AISI 1040 ÇELİĞİNİN KAPLAMA BÖLGESİNDEKİ MİKROYAPI VE MİKROSERTLİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ</i>	<i>Sayfa 263</i>
<i>Arş.Gör.Kenan CAN Dr.Öğr.Üyesi İbrahim Savaş DALMIŞ Prof.Dr. Serdar Osman YILMAZ</i>	<i>AISI10Mg ALAŞIMININ İKİNCİL YAŞLANDIRMA UYGULAMASININ DÖNEL EĞİLMELİ YORULMA DAVRANIŞINA ETKİSİ</i>	<i>Sayfa 271</i>
<i>Mustafa TARI Assoc. Prof. Dr. Hasan Erdoğan KOÇER</i>	<i>QUALITY CONTROL WITH IMAGE PROCESSING IN SYRINGE PRODUCTION</i>	<i>Sayfa 277</i>
<i>Taha TÜKEL Prof. Dr. Mustafa YURDAKUL</i>	<i>LAZER İLE KESİM PARAMETRELERİNİN DENEY TASARIM YÖNTEMİ İLE EN İYİLENMESİ</i>	<i>Sayfa 286</i>
<i>Dr. Öğr. Üyesi Onur ARSLAN</i>	<i>ÜÇGEN RİJİT ZIMBA İLE YÜKLENE YANAL DERECELENDİRİLMİŞ KATMANLARIN KAYMA TEMAS PROBLEMLERİNDE GERİLME ŞİDDETİ FAKTÖRÜ HESAPLAMALARI</i>	<i>Sayfa 294</i>
<i>Fuat Sinan ATEŞ Doç. Dr. İsmail ŞAHİN Dr. Harun GÖKÇE</i>	<i>EKLEMELİ İMALAT İÇİN TOPOLOJİ OPTİMİZASYONU ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA</i>	<i>Sayfa 302</i>
<i>Ataberk TOPCU Benjamin MEIER Onur MURATAL Jürgen M. Lackner Rıdvan YAMANOGLU</i>	<i>SLM TEKNİĞİ İLE ÜRETİLEN Ti-6Al-4V ALAŞIMININ AŞINMA ÖZELLİKLERİ</i>	<i>Sayfa 314</i>

Sema Yiyit DOĞAN	INVESTIGATION OF THE EFFECT OF SUGAR ON ANTIOXIDANT ACTIVITY OF HERBAL TEAS	Sayfa 320
İbrahim TEBER Prof. Dr. Ercan BURSAL	<i>Nepeta nuda</i> subsp. <i>albiflora</i> BİTKİ EKSTRELERİNİN ANTİOKSİDAN AKTİVİTELERİNİN FARKLI <i>in vitro</i> BİYOANALİTİK METOTLAR ile BELİRLENMESİ	Sayfa 327
Aykut BOZKURT Mehmet YAĞMUR	FARKLI EKİM SIKLIKLARININ VE EKİM ZAMANLARININ FASULYEDE VERİM VE BAZI VERİM ÖĞELERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ	Sayfa 334
Dr. Arş. Gör. Servet ARAS Dr. Arş. Gör. Hakan KELES	LIMITING FACTORS FOR CHERRY PRODUCTION	Sayfa 343
Dr. Arş. Gör. Servet ARAS Dr. Arş. Gör. Hakan KELES	EFFECTS OF SALT STRESS IN PLANTS	Sayfa 346
Dr. Arş. Gör. Servet ARAS Dr. Arş. Gör. Hakan KELES	EFFECT OF DROUGHT STRESS ON PEACH CULTIVAR "CRESTHAVEN" GRAFTED ONTO GARNEM AND GF677 ROOTSTOCKS	Sayfa 350
Dr. Hakan KELES Dr. Servet ARAS	KURAKLIK STRESİNE KARŞI SU TUTMA KAPASİTESİNİ ARTIRICILARIN KULLANIM OLANAKLARI	Sayfa 353
Dr. Hakan KELES Dr. Servet ARAS	MİKROORGANİZMA İÇERİKLİ GÜBRELER, AVANTAJLARI VE KULLANIM OLANAKLARI	Sayfa 358
Dr. Hakan KELES Dr. Servet ARAS	ALİÇ' in (<i>Crataegus</i> spp.) ANAÇ OLARAK DEĞERLENDİRİLME POTANSİYELİ	Sayfa 364
Arş Gör. Ülkü YILMAZ Arş. Gör. Dr. Seval SÜNAL KAVAKLIGİL Prof. Dr. Sabit ERŞAHİN	YARI KURAK MERALARDA TOPRAKLARIN BAZI FİZİKO-KİMYASAL ÖZELLİKLERİ	Sayfa 368
Ayla BILGIN	GÖL SU KALİTESİNİN TROFİK DURUMUNUN DEĞERLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN İNDEKSLER	Sayfa 376
Ayla BİLGİN Hatice Düндar BAYRAKTAR	GÖKSU GÖLETİ SU KALİTESİNİN TEMEL BİLEŞENLER ANALİZİ KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ	Sayfa 380
Doç. Dr. Olcay GENÇYILMAZ	ELLIPSOMETRIC, OPTIC AND SURFACE TOPOGRAPHY STUDIES OF CdS FILMS	Sayfa 385
Doç. Dr. Olcay GENÇYILMAZ	INVESTIGATION OF CHANGE IN OPTICAL PROPERTIES OF ZnO FILMS BY Mg DOPING	Sayfa 396
Doç. Dr. Muharrem KIRAK	GAUSSIAN VE PARABOLİK-TERS KARE POTANSİYELİNDEKİ KUANTUM NOKTANIN TERMODİNAMİK DAVRANIŞLARI	Sayfa 407
Doç. Dr. Muharrem KIRAK	AYARLANMIŞ KUANTUM NOKTADA MANYETİK ALINGANLIK: SICAKLIK, MANYETİK ALAN, POTANSİYEL PARAMETRELERİ VE SAFSIZLIK ETKİLERİ	Sayfa 415
Derya KILIC Asst. Prof. Ruken Esra DEMİRDOĞEN Asst. Prof. Aslıhan CESUR TURGUT Asst. Prof. Tuncay YESİLKAYNAK Prof. Fatih Mehmet EMEN Ali İhsan KARACOLAK	PRODUCING CORCHORUS CAPSULARIS L. FIBERS MODIFIED WITH LAYERED DOUBLE HYDROXIDES	Sayfa 422
Derya KILIC	2-THIOPHENYLTHIOUREA-MCM-41	Sayfa 430

<i>Prof. Fatih Mehmet EMEN Asst. Prof. Ruken Esra DEMIRDOGEN Ali İhsan KARACOLAK Fatih DEMİR Mohammed Asım ALİ Emine KUTLU</i>	<i>COMPOSITE FOR DRUG DELIVERY SYSTEM</i>	
<i>Doç. Dr. Mustafa Kemal GÜMÜŞ</i>	<i>ORGANİK KİMYADA BİGİNELLİ TİPİ MULTİKOMPONENT REAKSİYONLAR VE ÖNEMİ</i>	<i>Sayfa 439</i>
<i>Doç.Dr.Ezgi GÜNAY</i>	<i>GEOMETRİK OLARAK GÜÇLENDİRİLMİŞ METAL- PLASTİK KOMPOZİT TAŞIT MODELİNİN STATİK BURKULMA ANALİZİ</i>	<i>Sayfa 456</i>
<i>Emin Tugay KEKEÇ Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KONAR Doç. Dr. Tuğrul OKTAY</i>	<i>TERMAL HAVA AKIMLARININ SABİT KANATLI HAVA ARAÇLARININ UÇUŞ SÜRESİ VE MENZİLİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ</i>	<i>Sayfa 476</i>
<i>Doç. Dr. İlhami YİĞİT</i>	<i>ELEKTROHİDROLİK TAHRİKLİ MALZEME TEST MAKİNALARININ TASARIMI</i>	<i>Sayfa 482</i>

KAMPÜS ALANLARINDA TARIM ALANLARININ EĞİTİM AMAÇLI KULLANILMASI

USE OF AGRICULTURAL AREAS IN EDUCATION FOR CAMPUS AREAS

Arş.Gör. Seyhan SEYHAN¹,

¹Karadeniz Technical University, Faculty of Forestry, Department of Landscape Architecture,
Trabzon

Doç. Dr. Elif BAYRAMOĞLU²

²Karadeniz Technical University, Faculty of Forestry, Department of Landscape Architecture,
Trabzon.

ÖZET

Kampüs alanları kentin dışında ya da yakın çevresinde bulunan bir üniversitenin eğitim-öğretim, barınma, sağlık, spor, yeme-içme gibi yapılarının yanı sıra çeşitli etkinlik alanlarının da bulunduğu açık alanlardır. Bu açık alanlar kullanıcı çeşitliliğine bağlı olarak değişen, farklı rekreatif olanaklıklar gösteren ve büyük çoğunluğunu yeşil alanlar oluştururlar. Kampüs alanlarındaki açık-yeşil alanlar, öğrencilerin eğitim-öğretimin dışında çeşitli spor ve oyun alanlarını, oturma alanlarını, kampüs elemanlarını (giriş kapıları, işaret levhaları, mobilyaları gibi.) ulaşım sistemlerini, sınırlarını, doğal özelliklerini (ormanlık alanları, küçük su alanları ve kayalıklar vb.), fiziksel ve ruhsal açıdan dinlenme, eğlenme, sosyalleşme, rahatlama gibi ihtiyaçlarını karşılayabilecekleri alanlar olarak değerlendirilmektedir. Aynı zamanda bu alanların üniversite yapıları arasında bütünlüğü sağlama, rekreasyon ihtiyaçlarını karşılamak için gerekli mekanların oluşturma, öğrencilerin doğa, toprak ve su ile ilişki içerisinde olma, estetik açıdan katkı sağlama gibi önemli işlevleri de bulunmaktadır. Öğrencilerin yoğun ders dönemlerinin baskısından uzaklaşma, sağlıklı bir yaşam sürme, doğa sevgisini kazanma, vücuttaki fazla elektriği atma, fiziksel ve ruhsal açıdan rahatlama, kişiliğe güç katma, duygusal karmaşıklıklara son verme gibi ihtiyaçlarını karşılamada özellikle doğa, toprak ve su ile ilişki içerisinde olma işlevi önemlidir. Sürdürülebilir kampüs kavramı da bu olgudan yola çıkarak kendisi de bir yaşam biçimi olarak kullanıcının katılımını sağlandığı olanaklar sunar. Aynı zamanda sürdürülebilir kampüsler kent ile kullanım bağlantılılığı sağlayarak kent-kampüs ilişkisini dinamik tutarlar.

Bu doğrultuda değerlendirildiğinde kampüs alanları içerisindeki açık-yeşil alanlar değerlendirilerek bu işleve yönelik alanlar (tarım alanları) oluşturulmalıdır. Bu kapsamda Karadeniz Teknik Üniversitesi Kanuni Kampüs Alanı çalışma alanı olarak seçilmiştir. Çalışma alanı içerisinde belirlenen açık-yeşil alan kullanımları belirlenerek, bu alanların öğrencilerin kullanımı ile etkileşim halinde olmalarını sağlamak için tarım alanlarının oluşturulması önerilmiştir.

Anahtar kelimeler: Kampüs alanları, Tarım alanları, Kampüs eğitimi

ABSTRACT

The campus areas are the open areas where a university located outside or in the immediate vicinity of the city has education, housing, health, sports, food and beverage structures as well as various activity areas. These open spaces vary depending on the variety of users, show different recreational possibilities and the majority of them are green spaces. The open-green areas in the campus areas provide students with various sports and playgrounds, seating areas, campus elements (such as entrance gates, signboards, furniture, etc.), transportation systems, borders, natural features (forest areas, small water areas and rocks). etc.), physical and mental

aspects of rest, entertainment, socialization, such as the areas where they can meet the needs of relaxation. At the same time, these areas have important functions such as ensuring integrity between university structures, creating spaces for meeting recreation needs, being in contact with nature, soil and water, and contributing aesthetically. The function of being in relation with nature, soil and water is especially important in meeting the needs of the students such as being away from the pressure of the intensive course periods, having a healthy life, gaining the love of nature, throwing excess electricity in the body, relaxing in physical and mental terms, adding strength to the personality, ending emotional complexities. . The concept of sustainable campus is based on this fact and offers opportunities for user participation as a way of life. At the same time, sustainable campuses keep the city-campus relationship dynamic by providing usage connectivity with the city.

When evaluated in this direction, light-green areas within the campus areas should be evaluated and areas for this function (agricultural areas) should be established. In this context, Karadeniz Technical University Legal Campus Area has been selected as the study area. The use of open-green areas identified in the study area was determined and it was proposed to establish agricultural areas in order to enable these areas to interact with the use of students.

Key words: Campus areas, Agricultural areas, Campus education

GİRİŞ

Tarım alanları "toprak, topoğrafya ve iklim özellikleri tarımsal üretim için uygun olup halihazırda tarımsal üretimi yapılan veya yapılmaya uygun olan ya da imar, ihya, ıslah edilerek tarımsal üretim yapılmaya uygun hale dönüştürülen" alanlardır (T.C.Resmi Gazete, 2017). Bu alanlar, nüfusun büyük bir bölümünü istihdam etmekle birlikte ve beslenmeleri için gerekli olan besin maddeleri üretmektedir. Aynı zamanda ticaret ile ilgili olan kısmında ihracata katkı sağlamakta, sanayi ürünlerini talep oluşturmakta ve ulusal geçim kaynağının da en önemli kısmını oluşturmaktadır (Bayar, 2018). Bakıldığında tarım alanlarının bütün bu olumlu kullanımlarının yanı sıra geçmişten günümüze kadar süre gelen sanayi, kentleşme, teknoloji, ekonomi ve tarım gibi alanlardaki gelişmeler sonucunda ortaya çıkan ihtiyacın artmasıyla birlikte tarım alanları, amacının dışı kullanılmaya başlanılmıştır. Bu doğrultuda, kapasitesine uygun olarak kullanılmamaya ve kentleşme vb. sebeplerden dolayı topraklarını kaybetmemeye başlayan tarım alanları (Url-1, 2019) ortaya çıkan olumsuzlukları azaltmak ve çözüm üretmek adına son dönemlerde kentlerde "yenilebilir bahçe" yaklaşımı gündeme gelmiştir (Yılmaz ve diğ., 2018).

Yenilebilir bahçe yaklaşımı, kamuya ve kişiye özel alanlarda hem gerekli besin ihtiyaçların karşılanması hem de işlevsel ve estetik beklentilerin giderilmesine yönelik arazilerin oluşturulmasıdır. Oluşturulan bu arazilerin, su ve enerji verimliliği en üst seviyeye çıkarma, yaban hayatını destekleme, kimyasal maddelerin kullanımını azaltan sürdürülebilir uygulamalar yapma, sağlıklı yaşamı teşvik etme, gelir tasarrufu sağlama ve insanların doğa ile arasındaki ilişkisini geliştirme gibi hem kente hem de insanlara yönelik faydaları bulunmaktadır (Çelik, 2017). Bütün bu faydaları doğrultusunda kent içerisinde ya da yakın çevresinde bulunan farklı kurum bahçelerinde, halka açık alanlarda, ev bahçelerinde, çatı bahçelerinde, kent ormanlarında, yol ağaçlandırma bölgelerinde, okul bahçelerinde ve üniversite kampüslerindeki açık yeşil alanlar farklı biçim ve ölçekte kullanılmaktadır (MacKelvie, 2014; Çelik, 2017; Yılmaz ve diğ., 2018). Özellikle üniversite kampüs alanları bünyesinde barındırdığı açık yeşil alanlarıyla kullanıcıları için bu açıdan birçok olanak sağlamaktadır. Bunlar üniversite yapılarının arasında bütünlüğü sağlama, kullanıcıların rekreasyon ihtiyaçlarını karşılamak için gerekli mekanların oluşturma, estetik açıdan katkı sağlama, öğrencilerin doğa, toprak su ile ilişkisi içerisinde olmasını sağlamadır (Ertekin ve

Çorbacı, 2010). Kullanıcılar ve tasarımcılar bu olanaklar değerlendirilerek kampüs yeşil alanlarını; öğrencilerin bedensel, ruhsal ve fiziksel ihtiyaçlarını kendi bünyesinde karşılayabileceği, ekonomik getiri sağlayabileceği, doğa ile tanışabileceği, öğrenebileceği ve oradan eğitim alabileceği çeşitli kullanım alanlarına dönüştürülmektedir. Dönüştürülecek kullanım alanlardan bir tanesi de yenilebilir bahçeler ve tarım alanlarıdır. Çünkü yenilebilir bahçeler ve tarım alanları öğrencilerin yoğun ders dönemlerinin baskısından uzaklaşması, sağlıklı bir yaşam sürmesi, doğa sevgisini kazanması, doğayı tanınması ve öğrenmesi, ihtiyacı olan besinleri üretebilmesi, eğitimlerinin bir kısmını buralarda almasına olanak sağlamaktadır. Bakıldığında bu yönden değerlendirilen üniversite kampüsleri Dünyada ve Türkiye’de birçok uygulama yapmaktadır. Bunlardan bazıları Dünya’da McGill Üniversitesi ve Victoria Üniversitesi - Kanada, Lincoln Üniversitesi’nin Brayford Kampüsü ve Coventry Üniversitesi- İngiltere, Türkiye’de ise Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İstanbul Teknik Üniversitesi- Taşkışla, Çukurova Üniversitesi ve Mersin Üniversitesi’dir.



Şekil 1. McGill Üniversitesi- Kanada (Url- 2,2019)



Şekil 2. Orta Doğu Teknik Üniversitesi- Türkiye (Url-3,2019 ; Url-4,2019)

Yapılan bu çalışmada Karadeniz Teknik Üniversitesi Kanuni Kampüs Alanı çalışma alanı olarak seçilerek belirlenen açık- yeşil alanlarının tarım alanı ve yenilebilir bahçe olarak değerlendirmesi yönelik öneri alanlar belirlenmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

40°59'22'' - 40°59'55'' Kuzey enlemleri ile 39°46'10'' - 39°46'39'' Doğu boylamları arasında Karadeniz Bölgesinin Doğu Karadeniz Bölümünde yer alan Trabzon ili sınırları içerisindeki Karadeniz Teknik Üniversitesi Kanuni kampüs alanı çalışma alanı olarak seçilmiştir (Şekil 1). Yeşil alanları bakımından oldukça zengin olan kampüs alanı, geçmişten günümüze kadar gelen odunsu ve otsu bitki türleri, nadir bulunan türleri ve yörenin doğal bitkileri bulunmaktadır.



Şekil 3. Çalışma Alanı (Url-5,2019)

Çalışmada yerinde gözlem yapılarak seçilen kampüs yeşil alanlarının tarım alanı ve yenilebilir bahçe olarak değerlendirilmesi ve bunun eğitim amaçlı kullanılabilmesi için araştırmalar ve incelemeler yapılmıştır. İncelemeler fotoğraflama tekniğiyle desteklenmiştir.

BULGULAR

Çalışma sınırları içerisinde yapılan araştırmalar ve incelemeler sonucunda alanların fiziksel özellikleri, mevcut durumu ve kullanım durumlarına göz önünde bulundurularak 4 tane tarım alanı 3 tane yenilebilir bahçe olarak kullanılacak alanlar belirlenmiştir. Bunlar Şekil 4 ve Şekil 5'de verilen haritalar üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4. Tarım Alanları

Şekil 4.'de gösterilen alanlar, kampüs alanı içerisinde tarım alanı olması uygun olan alanlar olarak yerinde gözlemler yapılarak belirlenmiştir. 1 numaralı alan Peyzaj Mimarlığı Bölüm'ün arka kısmında kalan otopark alanının üst kısmında yer almaktadır. 2 numaralı alan ise İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesinin arkasında kalan geniş yeşil alandır. 3 numaralı alan ise KTÜ spor tesisleri ile dini tesisin arasında bulunan yeşil alanların bütünlük oluşturduğu alandır. 4 numaralı alan ise Üniversitenin mevcutta bulunan serasıdır. Bu serayı daha çok bitki temin edilmesi ve bitkilerle ilgili destek alınması için kullanılacak alandır.



Şekil 5. Yenilebilir Bahçe Alanları

Şekil 5.'de gösterilen alanlar, kampüs alanı içerisinde yenilebilir bahçe olması açısından araştırmalar ve gözlemler sonucunda uygun görülen alanlardır. 1 numaralı alan İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesinin arkasında kalan yeşil alandır. 2 numaralı alan ise Orman Fakültesi Orman Mühendisliği bölümünün otoparkı ile bina arasında alan yeşil alanlardır. 3 numaralı alan ise Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nün Havaalanı tarafında bulunan geniş yeşil alan içerisinde bulunan alandır.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Tarım alanı ve yenilebilir bahçe olarak seçilen alanlar bitkilerin yetiştirilmesi, dikimi ve çeşitli eğitim birimlerinin buralarda eğitim vermesi için öneri olarak alanlar seçilmiştir. Bu alanlar sadece üniversite öğrencilerine değil aynı zamanda zaman zaman ilkökul, ortaokul ve lise öğrencilerin de kullanımına olanak sağlayacak niteliktedir.

Tarım alanı olarak önerilen alanlarda daha çok lahanalar, ıspanak, marul, karnabahar, pazı, semizotu, maydanoz, nane, soğan, pırasa, havuç, turp gibi tarım ürünlerinin, **Yenilebilir bahçelerde:** elma, armut, kiraz, incir, kivi, çilek, mandalina gibi meyvelerin yanı sıra sardunya, kekik, biberiye, adaçayı gibi tıbbi ve aromatik bitkiler, yetiştirilmesi, dikilmesi yönünden eğitim alanının yanı sıra toprak ve doğa ile ilgili bilimsel alanlarda ders veren eğitim birimlerine yönelik çalışma alanı oluşturulması gerekliliği ortaya koyulmuştur. Sonuçta üniversite kampüs alanlarının bu açıdan değerlendirilmesi gerek kendi yeşil alanlarının varlığını güçlendirmesi gerekse özelliklerle kullanıcılarının toprak ile iç içe olmasını sağlayarak bedensel, fiziksel ve ruhsal açıdan ihtiyaçlarını karşılaması, eğitimlerinin doğal ortamda doğal elemanlarla tamamlanmalarına imkân vermesi sonuç olarak ta sağlıklı bireylerin yetişmesi açısından önemlidir.

KAYNAKÇA

Bayar, R., (2018). Arazi Kullanımı Açısından Türkiye’de Tarım Alanlarının Değişimi. Coğrafi Bilimler Dergisi, 16(2), 187-200.

Çelik, F., (2017). The importance of edible landscape in the cities. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 5(2), 118-124.

Mackelvie, I. (2014). Edible Landscaping: Student Themes and Implications for Decolonization, Master Thesis, Humboldt State University, Arcata, California.

Ertekin, M., & Çorbacı, Ö. L. (2010). Üniversite kampüslerinde peyzaj tasarımı (Karabük Üniversitesi peyzaj projesi örneği). Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 10(1), 55-67.

Yılmaz, T., Olgun, R., & Türk, S., (2018). Parkların Bitkisel Tasarımında Yenilebilir Türlerin Kullanımı Üzerine Kullanıcı Görüşlerinin Antalya-Konyaaltı Örneğinde Araştırılması. Türkiye Peyzaj Araştırmaları Dergisi, 1(1), 42-48.

T.C.Resmi Gazete, 2017. Tarım Arazilerinin Korunması, Kullanılması ve Planlamasına Dair Yönetmelik, Başbakanlık Basımevi.

Url-1,2019. <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/amac-disi-kullanilan-tarim-alanlari-i-85768>, Erişim Tarihi: 11.12.2019

Url- 2,2019. <https://www.mcgill.ca/mchg/projects/ediblecampus>. Erişim Tarihi: 18.12.2019

Url-3,2019. <https://gaiadergi.com/wp-content/uploads/2015/11/ODT%C3%9C-Bostan.jpg>. Erişim Tarihi: 18.12.2019

Url-4,2019. <https://www.facebook.com/bugdaydernegi/photos/a.187210214660732/1297560053625737/?type=3&theater>. Erişim Tarihi: 18.12.2019

URL-5, 2019. https://earth.google.com/web/@40.90469822,38.40935209,163.76748238a,17603.38300533d,35y,0h,0t,0r/data=ChMaEQoJL20vMDYyX2RrGAIgASgC?utm_source=referral&utm_campaign=marketing&utm_term=carmen1. Erişim Tarihi: 15.10.2019.

**KENTSEL AÇIK ALANLARDA VE KENT PARKLARINDA GÜNCEL
BİLGİ SİSTEMLERİNİN KULLANILMASI**
*USE OF CURRENT INFORMATION SYSTEMS IN URBAN OPEN SPACES AND
URBAN PARKS*

Doç.Dr.Banu Çiçek KURDOĞLU¹,

¹ Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü,

Doç.Dr. Elif BAYRAMOĞLU²,

² Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Trabzon,

Arş.Gör.Seyhan SEYHAN³

³ Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Trabzon,

ÖZET

Günümüzde kentlerdeki açık yeşil alanların kullanımı için alan yönetimi önem arz etmektedir. Bu yönetim modeli doğal ve kültürel kaynakların sürdürülebilirliği için olabildiği gibi ziyaretçi yönetimini de kapsamaktadır. Peyzaj planlama ve tasarım uygulamalarında başarı, alanın kullanıma açıldıktan sonraki süreçte sunduğu imkânlar ve bunların devamlılığı ile paraleldir. Bu nedenle günümüz teknolojisine uyumlu, doğal kültürel kaynak değerlerin ve ziyaretçi yönetiminin sağlandığı CBS tabanlı veya mobil telefon uygulamalarıyla uyumlu bilgi sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sistemler açık yeşil alanlardaki doğal ve yapay peyzaj materyallerinin veri tabanını içeren interaktif, QR kodlarla okutulabilen yeni dönem teknolojileri içermektedir. Dijital kentler olarak da nitelendirilebilen bu modeller doğa ve insan baskısı üzerindeki olumsuz etkileri azaltmak adına ortaya çıkmış kentlerde uygulanması olağan yeni sürdürülebilir planlama yaklaşımlarındandır. Kent ekosistemi ile uyumlu, dijital ve otomasyon sistemleri ile gerçek zamanlı kullanım olanağı sunan yeni kent yaşamı deneyimidir. Dijital uygulamaların kullanıldığı kentler geleceğin trendleri olarak daha etkin ve kenti yeniden tanımlayan her türlü açık alan kullanım olanağına daha kolay ulaşılabilen sistemleri içerir. Bu anlamda bilgilendirme amaçlı, iletişim ve ulaşım amaçlı doğal olarak “bilgi” ve “bilginin kullanımı” ile ilgili uygulamaları içerir.

Bu doğrultuda Trabzon kenti örneğinde belirli yeşil alanlar için bu yönde kullanım önerileri sunulmuştur. Aynı zamanda alanın etkin ve derinlik kullanımına yönelik, ziyaretçiyi doğru yöneten ulaşım ve erişilebilirlik yaklaşımları konusunda da örnekler verilerek açıklanmıştır. Bu kapsamda Trabzon kenti içerisinde seçilen Botanik Parkı ve Zağnos Vadisi özelindeki alanların yüksek maliyetli ve kamuya açık alanlar olarak kullanıcının tercih etmediği gözlemlenmiş ve çalışma alanı olarak değerlendirilmiştir. Kullanım olanakları değerlendirilmiş ve öneriler geliştirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Kentsel açık yeşil alanlar, dijital sistemler, Güncel Bilgi sistemleri

ABSTRACT

Nowadays, area management is important for the use of open green areas in cities. This management model can be used for sustainability of natural and cultural resources as well as visitor management. Success in landscape planning and design applications is in line with the opportunities and continuity of the field after the opening of the area. For this reason, there is a need for information systems that are compatible with today's technology, GIS-based or mobile phone applications where natural cultural resource values and visitor management are provided. These systems include interactive, QR-coded new technologies that include a database of natural and artificial landscape materials in open green spaces. These models,

which can also be described as digital cities, are among the new sustainable planning approaches to be implemented in cities that have emerged in order to reduce the negative effects on nature and human pressure. It is a new urban life experience that is compatible with the city ecosystem and offers real-time usage with digital and automation systems. Cities using digital applications include systems that are more effective as future trends and are more easily accessible to all kinds of open space usage that redefines the city. In this sense, for informational purposes, communication and transportation purposes naturally include “information” and kullanım use of information uygulamam.

In this respect, in the case of the city of Trabzon, suggestions for usage for certain green areas are presented. At the same time, examples of transportation and accessibility approaches that are directed towards the visitor towards the effective and depth usage of the area are explained. Within this scope, it was observed that the selected areas of the Botanical Park and Zağnos Valley in Trabzon were not preferred by the user as high cost and public areas and were evaluated as the study area. Usage possibilities were evaluated and suggestions were developed.

Key words: Urban open green spaces, digital systems, current information systems

GİRİŞ

Kentler insanların her türlü yaşamsal ihtiyaçlarını gerçekleştirdiği, bugünün gereksinimlerini yarından ödün vermeden karşılayabilme ilkesine dayanarak geçmiş-gelecek ilkesindeki mekânlardır (Özcan, 2008). Kentsel açık yeşil alanlar, doğa ile insanı bütünleştiren, insanlara mekan yaratarak, sosyalleşmelerine olanak tanıyan geniş alanlardır (Golg, 1980). Son yıllarda ise kentler gelişen teknoloji ve nüfus artışına bağlı olarak değişiklik göstererek açık yeşil alan kullanımları farklılaşmıştır. Çağın getirdiği olanaklar ve kullanımlar, kullanıcının değişmesi ve gereksinimlerin farklılaşması ihtiyaçları değiştirmiştir; değişen ihtiyaçlara bağlı olarak da mekanlar da değişime uğramıştır. Gelişen ihtiyaçlara ayak uydurmak ve kentleri koruma altına almak amacıyla yeni planlama akımları ortaya çıkmıştır. 1900’lü yılların başlarında planlama özelinde yeni kentleşme hareketi başlamış ve bu kapsamda değerlendirilen “Sürdürülebilir Kentler (Sustainable Cities), Ekolojik Kentler (Ecological Cities, Green Cities), Akıllı Büyüme (Smart Growth), Yavaş Kentler (Slow Cities), Düşük Karbon Kentler (Low Carbon Cities), Yaşanabilir Kentler (Liveable Cities), Dijital Kentler (Digital Cities) ve Akıllı Kent Girişimleri (Smart Cities Initiatives) gibi kavramlar ortaya çıkmıştır (Sınmaz, 2013).

Bu kavramlardan ortaya çıkan Dijital kent uygulamaları çağın gerektirdiği teknolojik gelişmeler doğrultusunda ilerlemiştir. Bilgisayar, internet ve CBS tabanlı verilerin güncel hayata girmesi ile kentler dijitalleşmeye başlamıştır. Dijital kent kavramı başlarda e-kent (e-cities) ya da sanal kent (online city) olarak tanımlanmakta olup daha sonra kentin bir baştan bir başa dijital teknoloji ile yeniden dizayn edilmesi, biçimlendirilmesi ve altyapının dijital teknoloji uygulamalarıyla yeniden yapılandırılması olarak tanımlanmıştır (Doug, 2001). Dijital kentler eğitim, planlama, iş olanakları, haberleşme, afet ve risk yönetimi birçok uygulama olanak tanımaktadır (Börner, 2002).

Bu uygulamaların yanı sıra dijital kentler açık yeşil alanlarda rekreatif etkinliklerin yönetimi için de uygun bir uygulamadır. Dijital uygulamalar, açık yeşil alanlardaki kent parklarını ziyaretçi yönetimi kapsamında idare edebilmektedir. CBS tabanlı veya mobil telefon uygulamalarıyla uyumlu bilgi sistemleri ile kentsel açık alanlarda kullanıcıyı yönlendirerek etkinliklerin konumlarını, kullanım durumunu bilgilendiren bilgi sistemlerine ihtiyaçları vardır. Bu şekilde tasarlanmış güncel ve teknolojik parkların çağın gerektirdiği kullanıcılar için daha cazip ve kullanışlı olacaktır.

Bu kapsamda değerlendirilen çalışma, kent parklarında bilgi sistemleri oluşturularak iletişim ve ulaşım amaçlı doğal olarak “bilgi” ve “bilginin kullanımı” ile ilgili uygulamaların

hazırlanmasına yönelik yapılmıştır. Trabzon kenti içinde kullanım açısından fazla yoğun olmayan parklar seçilmiştir. Botanik Parkı ve Zağnos Vadisi özelindeki alanların yüksek maliyetli ve kamuya açık alanlar olarak kullanıcının tercih etmediği gözlemlenmiş ve çalışma alanı olarak değerlendirilmiştir. Kullanım olanakları değerlendirilmiş ve öneriler geliştirilmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

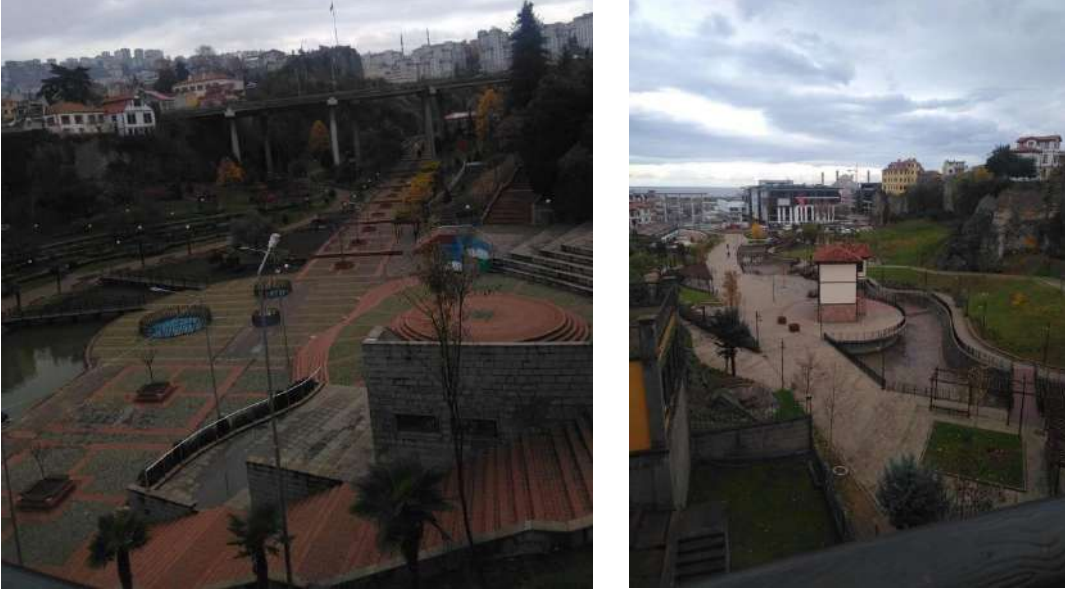
Çalışmanın materyalini Trabzon kent içi parklarından Botanik Parkı ve Zağnos Vadisi seçilerek değerlendirilmiştir. Trabzon kenti açık yeşil alan bakımından oldukça zengindir. Ancak kent içi olanaklılığı bakımından yeşil alan yetersizliği vardır. Bu bakımdan yeşil alan kullanımı ve parkları kentlerin yakın çevresine doğru yayılmaya başlamıştır. Botanik Parkı ve Zağnos Vadisi’de son yıllarda kentsel dönüşüm kapsamında büyük yatırımlar ile değerlendirilen açık yeşil alanlardır. Ancak kente uzak olması, ulaşım sıkıntısı ve ziyaretçiyi yönetememe gibi sorunlar sebebiyle fazla tercih edilmemektedir. Bu kapsamda çalışma değerlendirildiğinde günümüz teknolojileri kullanılarak dijital bilgi sistemleri oluşturularak bu parkların kullanımı arttırılabilir.

Botanik Parkı, Trabzon Çamoba mevkilisinde 103 dönüm arazi üzerine kurulmuştur. Alan içerisinde kullanıcıya yönelik atölye binası, oyun evi, restoran, kır kahvesi, herbaryum, geleneksel kostüm atölyesi, çok amaçlı salon, Trabzon ve hayal evi farklı kullanım alanları bulunmaktadır. Trabzon’un geleneksel meyvesi olan fındığa yönelik 21 çeşit fındığın açık alanda sergileneceği Fındık Müzesi, Trabzon Botanik Kütüphanesi, bölgenin meyve mirasına sahip çıkmak amacıyla oluşturulmuştur. Bu amaçla meyve türlerinin sergilendiği alanlar, tıbbi ve aromatik bitki bahçeleri de bulunmaktadır (URL-1). Yanı sıra Botanik Parkı, rekreatif olanaklara sahip oturma dinlenme, yemek yeme, yürüyüş yapma, araştırma ve eğitim amaçlı olarak da kullanılabilir. Farklı yaş ve meslekten kullanıcıları bitki ve çevre konusunda bilgilendirmeyi amaçlayarak tohum ve gen merkezi olarak da önemli bir yeri vardır. Nesli tükenmekte olan türlerin araştırılmasına ve korunmasına olanak tanıyarak endemik bitki türlerinin insanlara tanıtılmasına katkı sağlar.



Şekil 1. Trabzon Botanik (URL-2)

Zağnos vadisi ise, Trabzon Gülbaharhatun Mahallesi’nde kentsel dönüşüm kapsamında değerlendirilen ve kente yeşil alan kazandıran projelerden olmuştur. 1960’lı yıllara kadar Vadi, Zağnos Köprüsü’nden güneye doğru mandalina bahçesi olarak var olmuş, köprüünün kuzeyinde ise çeşitli ağaçlı bahçeler ve bu bahçeler içerisinde yer alan birkaç geleneksel Trabzon evinden vardı. Ancak ilerleyen zaman içerisinde, ülke genelinde olduğu gibi Trabzon’da da görülen hızlı kentleşme ve imar dışı yapılaşma bu vadilerde de kendini göstermiştir (Bülbül ve Yılmaz, 2010).



Şekil 2. Trabzon Zağnos vadisi

Kent merkezinde yer alan ve belediye tarafında etap etap yapımı tamamlanan Trabzon'un en büyük açık hava kent parkı olma niteliğindedir. Park piknik yapma, oturma ve dinlenme yemek yeme, toplu organizasyonların gerçekleştirildiği su kenarı alanları gibi çeşitli etkinlik olanaklarına sahiptir. 1. Etap alanında; Sosyal aktivite amaçlı gösteri anfisi, gölet çevresi oturma birimleri, Su oyunları, ışık gösterileri, Oturma ve seyir alanları, Sergi mekanları gibi sosyal ve kültürel rekreasyon olanaklılığı vardır. 2. Etapta; Kültür Aksı (Festival yürüyüşü, koşu, oturma-dinlenme birimleri, sürekli ve geçici sergi alanları), Eğitim-Tanıtım-Kültür Zonu (Tarihsel öğelerle tarihi canlandırma, Türk kültürünü-el sanatlarını geliştirme birimleri), Atölyeler (Altın, gümüş, bakır ve ahşap işçiliğinin yer aldığı atölyeler), Yöresel Yemek Zonu, Türk Sokağı Bağlantıları, Su Kenarı Yürüyüş Yolu bulunmaktadır. 3. Etapta ise; Osmanlı kahvesi ve çevresi (Yarı kapalı oturma ve dinlenme birimleri), Çocuk oyun alanları, Mini futbol ve fizik egzersiz alanları, Tüm yamaçlarda bitkisel sergi alanları, Şifalı bitkiler gösteri alanları, Zağnos Vadisi seyir platosu ve Otopark vardır. Kent planlama ve tasarım sürecinde kente kimlik kazandırma ve kentliyi sosyalleştirme gibi olanakları sahip olması sebebiyle kullanılmaktadır. Ancak kot farkından kaynaklı, çeşitli ulaşım sebepleri ve güvenlik nedeniyle park kentli tarafından çok kullanılmamaktadır.

Çalışmanın yöntemi yerinde inceleme ve gözlem tekniğidir. Çalışma alanı olarak belirlenen kentsel açık yeşil alanlar yılın belirli zamanlarında ve kullanımın en yoğun olduğu saat dilimlerinde gözlemlenmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışma, Trabzon kenti örneğinde Botanik Parkı ve Zağnos Vadisi'nde etkin ve kullanımına yönelik, ziyaretçiyi doğru yöneten ulaşım ve erişilebilirlik yaklaşımları konusunda da örnekler verilerek açıklanmıştır. Bu kapsamda çalışma alanı olarak seçilen Botanik Bahçesi'nin kent yakın çevresinde olmasına karşın kullanıcıların çok fazla tercih etmedikleri gözlemlenmiştir. Alana ulaşımın yürüme mesafesinde olmayışı ve toplu taşıma araçları ile ulaşımın zorluğu kullanılmamama sebeplerinin başında gelmektedir. Yanı sıra güncel teknolojilerin kullanılmaması ve park girişinde ziyaretçiyi yönetememek en önemli sorunlardandır. Bu şekilde tasarlanmış kent içi büyük ölçekli parklarda genellikle kullanıcı parka girmeden ne yapacağını bilerek hareket etmek ister. Şöyle ki park girişinde dijital yönlendirici bilgi sistemleri bulunarak etkinlik alanlarının konumu, kullanıcı sayısı ve güncel durumu yönlendirici sistemler ile takip edilmelidir. Özellikle Botanik Parkı gibi eğitim amaçla kentsel açık alanlarda kullanılan egzotik ve doğal bitki türlerinin kimlik kartları oluşturularak bilgi

sistemlerine eklenmelidir. Bu şekilde düzenlenmiş alanlarda ziyaretçi parka girdiğinde hareketlerini yönetebilir ve girişte ne yapacağını bilir. Botanik Parkı'nda bu anlamda düzenlenmiş bir bilgi sistemi teknolojisi bulunmamaktadır.

Zağnos Vadisi ise benzer şekilde kentin merkezinde yer alarak birçok farklı etkinliği barındırmasına rağmen tercih edilmemektedir. Kent bilgi sistemi kapsamında değerlendirilen ve her etkinlik alanı için farklı dönemlerde farklı etkinlikler öneren ve bunu da teknolojik sistemlerle destekleyen öneriler geliştirilmelidir. Ancak bu şekilde kentliyi bu alanlara yönlendirebilir ve kullanılabilir hale getirilebilir.

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Çalışma kentsel açık alanlardaki kent parklarının güncel ve dijital sistemlere göre günümüz koşullarına uygun bilgi sistemlerine göre öneriler geliştirilmesine yönelik gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda Trabzon kenti içerisinde Botanik ve Zağnos vadisi özelinde çalışma alanları seçilerek değerlendirmeler yapılmıştır. Belirlenen parkların kent içine yakın olmasına karşın kent halkının tercih etmemesi önemli bir sorun haline gelmiştir. Belediyeler tarafından büyük maliyetler ile gerçekleştirilen projelerin kent halkına hizmet etmesi ve kullanılması beklenmektedir.

Bu amaçla her iki park için de ziyaretçinin yönetildiği, kullanıcıyı parkın girişinden itibaren yönlendirerek mekan konumlarına uygun yönlendirildiği sistem önerisi getirilmelidir. Yanı sıra bitki bilgi sistemi, farklı dönemlerde bitki durumu eğitim amaçla kullanımlara uygun düzenlenebilir. Farklı dönemlerde kullanım alanlarına göre farklı etkinliklere olanak tanıyan bilgi sistemlerinin elektronik olarak desteklenebilir. Yine yol tarif haritaları ile kullanıcı yönlendirilebilir. Bu şekilde düzenlenmiş kent parkları güncel bilgi sistemleri ile desteklenerek geleceğin dijital kent parklarına ait kullanımlara olanak tanıyacaktır.

KAYNAKLAR

Börner, K., 2002. “Twin Worlds: Augmenting, Evaluating, and Studying ThreeDimensional Digital Cities and Their Evolving Communities”, Digital Cities (Ed. M. Tanabe vd.), Springer Verlag, Berlin, pp. 257-269

Bülbül, Ş., & Yılmaz, C., 2010. Trabzon Zağnos Vadisi Kentsel Dönüşüm Alanının Tarihsel Gelişiminin İncelenmesinde, Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulaması. TUJK'2010 Meksal Planlamada Jeodezi Sempozyumu, 24-26 Kasım 2010, İzmir

Doug, S., 2001. “Digital Cities and Digital Citizens”, www.scn.org/ip/commnet/presentations/kyoto-2001.htm

Gold, S.M., 1980. Recreation Planning and Design, McGraw Hill Book Company, New York, ISBN: 0-07-023644-5.

Özcan, K., 2006. Sürdürülebilir Kentsel Gelişmede Açık-Yeşil Alanların Rolü, Kırıkkale, Türkiye Örneği. Ekoloji, 15(60), 37-45.

Sınmaz, S., 2013. The Concept of “Smart Settlement” and Basic Principles in the Framework of New Developing Planning Approaches//Yeni gelişen planlama yaklaşımları çerçevesinde akıllı yerleşme kavramı ve temel ilkeleri. Megaron, 8(2), 76.

URL-1. <https://www.61saat.com/bolgesel/trabzon-botanik-park-turkiye-de-10sirada-h557139.html>

URL-2. <https://www.trthaber.com/haber/yasam/trabzon-botanik-parki-ziyarete-acildi-382411.html>

MİMARLIK EĞİTİMİNDE İŞBİRLİKÇİ ÖĞRENME: YAPI BİLGİSİ DERSİ ÖRNEĞİ

Araş. Gör. Dr. Elif Tuğba YALAZ

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi

ÖZET

İşbirliği bir amaç için birlikte çalışmayı ifade etmektedir. Bireyler arası iletişime dayanan işbirlikçi çalışma kavramı, küreselleşen dünyayla birlikte mimarlık mesleğini büyük oranda etkilemiştir. Birçok alt bileşenin bir araya gelmesiyle oluşturulan bina sisteminde, tasarım aşamasından yapım sonrası aşamalara kadar paydaşların bir arada ve eşzamanlı çalışması gerekmektedir. Farklı disiplinleri bir araya getiren mimarlık mesleğinde işbirlikçi çalışma önemli bir yere sahiptir. Genellikle bireysel çalışmalar üzerinden ilerleyen mimarlık eğitiminde işbirlikçi çalışma kavramının öğrencilere kazandırılması profesyonel hayata uyum sağlamalarını kolaylaştırmaktadır. Bu bağlamda çalışma kapsamında öncelikle işbirlikçi öğrenme kavramı ve mimarlık eğitimindeki yeri incelenmiştir. Ardından “Yapı bilgisi 2” dersi kapsamında uygulanan işbirlikçi öğrenme yöntemi, öğrencilerden alınan geri bildirimler ve öğretim elemanın gözlemleri doğrultusunda değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İşbirlikçi öğrenme, Grup çalışması, Mimarlık eğitimi

ABSTRACT

Collaboration means working together for a purpose. Collaborative work, which based on interpersonal communication, has greatly affect architecture profession with the globalization of the world. Building system which is composed of many sub-systems, stakeholders should be work together simultaneously from design phase to post-construction phase. Collaborative work has an important role for architecture profession which together different disciplines. Learning collaborative working in architecture education which usually based on individual working, facilitates adaptation to professional life. In this context, first the concept of collaborative learning and its place in architecture education was examined. Then, collaborative learning method which was applied within the context of “Construction technology II” course was evaluated according to feedback obtained from the students and observations of the instructor.

Key words: Collaborative learning, Group working, Architecture education

GİRİŞ

Küreselleşme, bütünleşme sürecini ifade etmektedir. Siyasi, sosyal, ekonomik, teknolojik boyutu olan bu kavram kültürlerin, dünya görüşlerinin, çeşitli fikirlerin, ürünlerin değişimini ve birbirini etkileyerek ortaya yeni ürünler çıkarılması hususunu tanımlamaktadır (Url-1, 2019). Günümüzde gelişen teknolojinin etkisiyle birlikte küreselleşme yaşamın her alanına yayılmıştır. Bütünleşen dünyada konusu insan ve insan gereksinimleri olan mimarlık mesleği de küreselleşmeden büyük oranda etkilenmektedir (Nalçakan ve Polatoğlu, 2008). Çok yönlü ve farklı disiplinleri bir araya getiren mimarlık mesleğinde bireysel fikirler ve alınan kararların yanı sıra diğer meslek insanları ve farklı disiplinlerdeki paydaşlarla birlikte işbirlikçi çalışmanın önemli olduğu kaçınılmaz bir gerçektir (Erbil, 2008). Tasarım aşamasından itibaren başlayan birlikte çalışma süreci yapım sonrasındaki aşamalara kadar devam etmektedir. Bu anlamda mimarlık eğitimi boyunca işbirlikçi çalışmanın öneminin

vurgulanması, öğrencilerin ileride meslektaşlarıyla ve diğer meslek gruplarıyla birlikte çalışma becerisinin kazandırılması büyük önem taşımaktadır (Uçar ve Levent, 2013).

Mimarlık eğitiminin büyük bir bölümünü stüdyolar oluşturmaktadır. Stüdyo derslerinde öğrencilerin mevcut problemlere çözüm bulması, diğer derslerde öğrendikleri bilgi ve becerileri projelere aktarması planlama, tasarım, üretim sürecine yönelik becerilerini geliştirmeleri ve eleştirel düşünme yeteneği kazanmaları amaçlanmaktadır (Uçar ve Leventoğlu, 2013; Akıncıtürk vd. 2011). Öğrenciler stüdyolarda genellikle bireysel olarak çalışmaktadır. Öğrenci ve öğretim üyesi arasındaki iletişimi sağlayan stüdyo çalışmalarında, öğrencilerin kendi başına problemin çözümüne yönelik çok yönlü çözüm bulması, karşılaştığı tasarım sorunlarıyla başa çıkabilmeyi öğrenmesi ve öğretim elemanından aldığı kritiklerle tasarım becerilerini geliştirmesi beklenmektedir (Ketizmen, 2003; Dikmen, 2011). Mimari stüdyo dersleri her ne kadar bireysel çalışmalar üzerinden yürütülse de günümüzde işlerin karmaşıklığının artması ve bütünleşen dünya ile birlikte gerçek hayatta bireysel çalışmanın etkisinin azaldığı, işbirlikçi çalışmanın/grup çalışmasının öneminin gittikçe arttığı gözlenmektedir. Mimarlık eğitiminde işbirlikçi çalışma becerisinin kazandırılması profesyonel hayata hazırlanan öğrenciler için büyük bir öneme sahip olmaktadır. Bu bağlamda çalışma kapsamında işbirlikçi öğrenmenin mimarlık eğitimindeki yeri ve öğrenciler üzerindeki etkileri “Yapı bilgisi 2” dersi üzerinden ele alınmıştır.

İşbirlikçi Öğrenme

21. yy’ın en güncel konularından biri olan işbirliği, ortak bir konu ya da amaç için bir arada çalışmayı ifade etmektedir. İşbirliği, Türk Dil Kurumunun sözlüğünde amaçları ve çıkarları bir olanların oluşturdukları çalışma ortaklığı şeklinde tanımlanmaktadır. (TDK, 2019). Toplumun eleştirel meseleler üstüne birlikte düşünmesi bireyselden grup çalışmasına geçilmesini sağlamıştır (Laal ve Laal, 2012; Austin, 2000; Welch, 1998; Leonard ve Leonard, 2001).

İşbirlikçi öğrenme (Collaborative Learning-CL) kavramı ise Laal ve Laal, 2012’de “Bir sorunu çözmek, bir görevi tamamlamak veya bir ürünü oluşturmak için birlikte çalışan öğrenci gruplarını içeren, öğretme ve öğrenmeye yönelik bir eğitim yaklaşımıdır.” şeklinde tanımlamışlardır (Laal ve Laal, 2012). İşbirlikçi öğrenme süreci bir grup öğrencinin birbirlerine öğrenmede yardım etmesiyle ortaya çıkmaktadır (Laal ve Laal, 2012; Klemm, 1994). Laal ve Laal, 2012, Srinivas, 2011’e referansla işbirlikçi çalışma ortamında öğrencilerin başka fikirleri dinlemesi, kendi fikirlerini ortaya koyması ve savunması gerektiğinden bahsetmiştir. Böylelikle öğrenciler grup arkadaşlarıyla iletişim becerileri geliştirir, başkalarının fikirlerinden etkilenir ve farklı kavramları sorgulama imkânı bulurlar (Laal ve Laal, 2012). Bu yöntem öğretmen merkezli ya da ders merkezli ortamdaki belirgin ölçüde farklılıklara sahiptir. İşbirlikçi öğrenme yöntemi uygulanan sınıflarda öğretim elemanının ders anlatma süreci tamamen ortadan kaldırılmamaktadır. Konu anlatımı ve ders materyallerine ek olarak öğrencilerin tartışmalarla birlikte ders içerisinde aktif rol alması sağlanmaktadır. (Smith ve MacGregor, 1992). İşbirlikçi öğrenme grupta yer alan her üyenin, diğer üyelerin başarısını geliştirmek amacıyla kişisel deneyime, bilgiye, bakış açısına, beceri ve tutumlara katkıda bulunduğu bir süreçtir (Klemm, 1994). Ancak, işbirlikçi çalışmada görev paylaşımı yapıldıktan sonra kendi üzerine düşen görevi yerine getirenlerin grup arkadaşlarına yardım etmesi ya da tüm işin birkaç kişi tarafından yapılması ve sonrasında tüm grup üyelerinin adının yazılması anlamına gelmemelidir.

Klemm (1994) Johnson vd. (1990)’a referansla işbirlikçi öğrenmenin 5 temel bileşeni olduğundan bahseder. Bunlar;

- Pozitif karşılıklı dayanışma/bağlılık,
- Teşvik edici etkileşimler
- Grup çalışmasında bireysel sorumluluk alabilme
- Sosyal beceriler
- Grubun kendi kendini değerlendirmesidir (Klemm, 1994).

Karşılıklı dayanışmanın temelinde grup üyelerinin başarılı olmak için birbirlerine bağlı olduklarına inanmaları yer alır. Her öğrenci grup sürecinde önemli olan farklı rollere sahiptir. Öğrenciler birbirlerini yeni bir şeyler öğrenme konusunda teşvik eder. Bunu da öğrendikleri bilgileri paylaşarak sağlayabilirler. Grup çalışmalarında öğrenciler bireysel değil bir grup olarak değerlendirilirler. Bu nedenle her öğrenci grup içinde aktif olmalı, grup faaliyetlerine katılmalı, kendi üzerine düşen görevi eksiksiz yerine getirmeli ve diğer grup arkadaşlarının yeterli düzeyde bilgiyi öğrenmesine yardımcı olmalıdır. Öğrencileri bir araya getirerek onların grup olarak çalışacaklarını söylemek onların bir grup gibi davranabileceği anlamına gelmez. Bu nedenle birlikte çalışma süreci, ekip çalışması becerileriyle birlikte grup süreci deneyimi, karar verme, güven oluşturma, iletişim kurma ve çatışma yönetimi için gerekli becerilerin öğrenilmesini içermelidir. Bunlara ek olarak süreç içerisinde grup çalışmasının verimliliği, kendi içlerinde sorulan çeşitli sorularla sürekli değerlendirilmelidir (Johnson vd. 1990; Klemm, 1994). İşbirlikçi çalışmanın etkinliği üzerine literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde grup halinde çalışan öğrencilerin bireysel öğrencilerden daha yüksek notlar aldığı, grup üyelerinin sosyalleştiği ve grup içi iletişimin güçlendiği gözlemlenmiştir (Klemm, 1994).

Bunun yanında işbirlikçi çalışmada çeşitli sorunlarla karşılaşılabilir. Öğrencilerin öğrenme hızlarının ya da iş yapma sürelerinin birbirinden farklı olmasından dolayı bazı öğrenciler diğerlerini yakalamakta zorluk yaşayabilir. Grup içerisinde baskın olan bir üyenin diğerlerinin fikirlerini göz ardı etmesi, grup üyelerinin yaptıklarını denetlemesi grup içerisinde sorun çıkmasına veya diğer grup üyelerinin işlerin nasıl yapıldığını öğrenmesi konusunda eksik kalmasına neden olabilmektedir. Sessiz, çekingen olan öğrenciler grup içerisinde fikirlerini söylemekte zorlanabilirler. Bu durum onların grup içerisinde rahat hissedememesine neden olabilmektedir. Grup üyelerinin birbirleriyle kişiliklerinin uyuşmaması bir diğer sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Grup üyeleri arasındaki anlaşmazlıklar verimsiz çalışmaya ve zaman kaybına neden olabilmektedir. Grup üyelerinden birinin diğerleri kadar çalışmaması diğer grup üyelerini rahatsız edebilir. Bunlara ek olarak öğrencilerin not durumuyla ilişkili sorunlar karşımıza çıkmaktadır. Grup içerisinde çalışan ve çalışmayan öğrencilerin aynı notu alması adaletsizliğe neden olabilmektedir (Middlecamp, 1997).

Mimarlıkta İşbirlikçi Öğrenme

İşbirlikçi çalışma, öğretim elemanı merkezli eğitimden ziyade öğrenci merkezli eğitime odaklanmaktadır. Ders içerisinde tek odak öğretim elemanı değildir. Böylelikle öğrenciler birbirleriyle daha aktif bağlantılar kurarak bilgilerini arttırabilmektedir (Mcpeek ve Dockter, 2008). Yukarıda da bahsettiğimiz gibi mimarlık eğitimi genel olarak bireysel yapılan çalışmalar üzerinden yürütülmektedir. Öğrenciler özellikle stüdyo derslerinde öğretim elemanından birebir aldığı kritikler doğrultusunda tasarımlarını geliştirmektedir. Süreç sonunda ortaya çıkan ürünler jüri tarafından değerlendirilmektedir.

Yapı tasarımı bütünleme işidir. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte her geçen gün yeni malzemeler ve sistemler ortaya çıkmaktadır. Yapıyı meydana getiren alt sistemlerin ve bileşenlerin bir bütün olarak çalışabilmesi doğru entegre edilmesine bağlıdır. Ayrıca yapılan

tasarımların doğru detaylandırılması da sistem bütünlüğünün sağlanması açısından büyük öneme sahiptir. Bu nedenle kendi alanında uzman olan mimar, mühendis ve diğer meslek gruplarının üyelerinin tasarım sürecinden itibaren bir arada çalışması gerekmektedir. Crosbie (1995) ve McPeck (2010) atıfla Emam vd. (2019)'da profesyonel yaşamda bireysel çalışmanın yanı sıra aynı ve/veya farklı meslek gruplarının üyeleriyle birlikte çalışmanın artık kaçınılmaz olduğunu, bu nedenle mimarlık eğitiminde bireysel tasarımcılar geliştirmenin yanında, işbirlikçi çalışma becerisinin kazandırılması gerektiğini ifade etmiştir (Emam vd. 2019). Mimarlık eğitimi alan öğrencilerin kendi aralarında ya da farklı meslek gruplarına ait öğrencilerle bir arada çalışmalar yapmaları işbirlikçi çalışma becerilerinin gelişmesine yardımcı olmaktadır. Öğrencilerin bazı derslerde/stüdyolarda grup olarak proje yapmaları, mimari proje yarışmalarına katılmaları ya da workshop sırasında grup halinde çalışmalarının sağlanması işbirlikçi çalışmanın teşvik edilmesine olanak sağlamaktadır.

İşbirlikçi çalışmanın temeli kişiler arası iletişime dayanmaktadır. Başarılı bir çalışmanın ortaya çıkarılmasında bireyler arası ilişkiler önem kazanmaktadır. Birlikte çalışılan süre içerisinde fikir alışverişi yapılması, mevcut fikirlerin bir arada değerlendirilerek olabilecek en doğru seçeneğin tercih edilmesine yardımcı olmaktadır. Bunun yanında grup çalışması aynı amaç için farklı insanları birleştirme özelliğine sahiptir. Küreselleşen dünya ile birlikte özellikle uluslararası ölçekteki projelerde tasarım sürecinden itibaren farklı ülkelerden paydaşlarla bir arada çalışılmaktadır. Süreç içerisinde farklı kültürlerden gelen kişiler/paydaşlar arasında doğru ve etkili iletişim kurulması gerekmektedir. Yükseköğrenim sürecinde uygulanan Erasmus, Farabi gibi öğrenci değişim programları sayesinde farklı ülkelerden ve okullardan gelen öğrenciler birbirleriyle tanışma ve çalışma imkânı bulmaktadır. Özellikle grup çalışmalarında farklı kültürlerden gelen öğrencilerin bir arada çalışmasının sağlanması, öğrencilerin iletişim becerilerinin ve mesleki bilgilerinin gelişimine katkı sağlamaktadır (Cisco, 2013). Bazı mimarlık ofislerinin çalışma prensipleri incelendiğinde işbirlikçi çalışma kavramının tam karşılığını burada görebilmekteyiz. Çoğunlukla belirli bir alan üzerinde uzmanlaşan kişi ya da grupların elinden çıkan ürünler koordineli olarak bir araya getirilmektedir. Bu şekilde işler hızlı biçimde ilerlerken, ortaya çıkabilecek sorunlar süreç içerisinde hızlı biçimde çözümlenmektedir.

Materyal ve Metod

Mimarlık Eğitiminde İşbirlikçi Öğrenme: Yapı Bilgisi II Dersi Örneği

Mimarlık eğitiminde teorik dersler ve stüdyo çalışmalarının bir arada yürütüldüğü zorunlu derslerden bir diğeri Yapı bilgisi dersleridir. Öğrencilerin yapı ve yapım yöntemlerini tanımaları, yapı ve yapı alt sistemleri hakkında bilgi edinmeleri, gereksinimler, ölçütler, olanaklar ve ilkeler doğrultusunda yapısal tasarım yapmaları beklenmektedir. Bu bağlamda Yapı bilgisi I dersinde öğrencilerin yapı elemanlarını tanımaları, Yapı bilgisi II dersinde ise verilen probleme (proje konusuna) bağlı olarak yapı elemanlarının analizini, tasarımını ve bütünlenmesini yapmaları beklenmektedir. Yapı elemanı tasarımı bağlamında malzeme ve bileşenlerin bir araya gelişleri, yapı elemanlarının birbirleri ve taşıyıcı sistem ile bütünlenmesi göz önünde bulundurulmaktadır. Yapı bilgisi II teorik ve uygulamalı derslerle yürütülmektedir. Teorik derslerde konular pekiştirilirken, uygulama kısmında öğrenciler problemin çözümüne yönelik öneriler geliştirilmektedir. Yapı elemanlarının tasarlanması ve bütünlenmesi sürecinde öğrencilerden çeşitli ölçütleri ve gereksinimleri göz önünde bulundurmaları, mevcut standartlar ve yönetmeliklere uygun olarak farklı alternatifler geliştirmeleri beklenmektedir. Ders çıktısı olarak öğrencilerden projelerini/tasarımlarını iki boyutlu teknik çizimler, üç boyutlu modeller ve fiziksel model (maket) üzerinden anlatmaları beklenmektedir.

Necmettin Erbakan Üniversitesi Mimarlık Bölümünde 2019-2020 Güz dönemi Yapı bilgisi II dersi kapsamında yürütülen stüdyo çalışmasında işbirlikçi öğrenme yöntemi ele alınmıştır. Ders kapsamında öğrencilerden dört kişilik gruplar halinde “Hollanda’da sürdürülebilir yüzer konut/ofis” tasarımları istenmiştir. Çalışma gruplarının oluşturulması tamamen öğrencilerin isteğine bırakılmıştır. Haftalık ders programı teorik dersler, projeye ilişkin tasarım önerilerinin geliştirilmesi, detayların tasarlanması ve bütünlenmesi şeklinde oluşturulmuştur. Ayrıca, öğrencilerden teorik dersler öncesinde yapı elemanlarına ilişkin rapor hazırlayarak, konu ile ilgili ön bilgi edinmeleri sağlanmıştır. Dönemin ilk üç haftası 1/100 ölçekli proje tasarımlarının ve taşıyıcı sistem önerilerinin geliştirilmesine ayrılmıştır. Dördüncü ve beşinci haftalarda döşeme sistemine ilişkin 1/5 ölçekli detaylar geliştirilmiştir. Ardından düşey dolaşım sisteminin (merdivenin) detaylandırılması üzerinde çalışılmıştır. 1/5 ve 1/20 ölçekli olarak çizilen merdiven sistemi, döşeme sistemiyle bütünlenerek geliştirilmiştir. Altıncı ve yedinci haftalarda dış duvar sistemine ilişkin öneriler üzerinde çalışılmıştır. Sekizinci haftada doğrama sistemlerinin (kapılar ve pencereler) detayları çalışılarak döşeme - dış duvar - doğrama sistemlerinin bütünlenmesine geçilmiştir. Çatı sistemlerine ilişkin alınan kararların ardından 1/10 ve 1/5 ölçekte detay çizimleri yapılmıştır. On ikinci hafta itibariyle 1/20 ölçekli sistem kesiti üzerinde, detaylarını tasarlamış oldukları yapı elemanları bir araya getirilmeye başlanmıştır. Yapı elemanlarının tasarım sürecinde, yapıya etki eden etmenler, yapı elemanlarının ayırdığı mekânların özellikleri, buna bağlı olarak yapı elemanının sağlaması gereken performans gereksinimleri ve kullanıcı konforu düşünülmüştür. Öğrenciler detay tasarımlarını stüdyo ortamında aldığı kritikler doğrultusunda geliştirmeye devam etmiştir.

Genellikle projelerde bireysel olarak çalışan öğrencilerden ön dört haftalık çalışma sonucunda deneyimledikleri işbirlikçi öğrenme (grup çalışması) yönteminin kendileri için olumlu ve olumsuz olan yanlarını değerlendirmeleri istenmiştir. Öğrenciler,

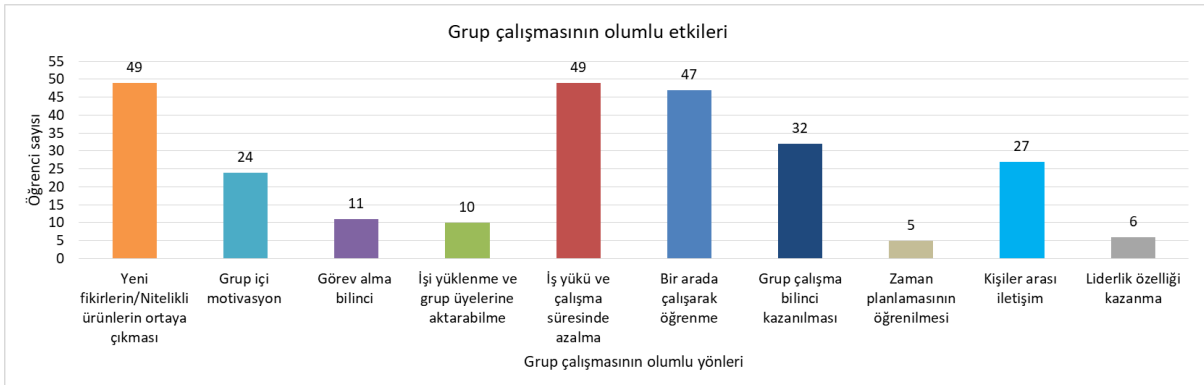
- Yeni fikirlerin ortaya atılması ve buna bağlı olarak nitelikli sonuç ürünlerinin ortaya çıkması,
- Grup üyelerinin birbirlerini desteklemesine bağlı olarak motivasyonun artması,
- Görev alma bilincine sahip olması,
- Kendilerini başarılı gördükleri konularda görev almaları ve grup arkadaşlarına bunları aktarması,
- İş yükünün ve çalışma süresinin kısılması,
- Bir arada çalıştıkları zaman dilimlerinde eksik bilgilerini tamamlayabilmesi,
- Grup olarak çalışma bilincini kazanması,
- Zaman planlamasının öğrenilmesi,
- Bireyler arası iletişimi kuvvetlenmesi,
- Bazı üyelerin liderlik özelliği kazanmalarına yardımcı olması gibi olumlu katkıları olduğunu belirtmişlerdir.

Diğer yandan;

- Grup çalışması bilincine sahip olmayan üyeler,
- Karar verme sürecinde yaşanan fikir ayrılıkları,
- Bir araya gelme konusunda yaşanan zaman ve mekân sıkıntıları,
- İş yüklerinin dengesiz dağılımı,
- Grup içerisinde çalışmayı aksatanlarının bilgilerini tamamlamakta zorlanmaları,
- Grup içi bilgi paylaşımının yetersiz olması nedeniyle bireylerin yalnızca kendi çalıştığı konuya hâkim olmaları,
- Grup içinde yaşanan iletişim sorunları gibi olumsuzluklar yaşadıklarını belirtmişlerdir.

Bulgular ve Tartışma

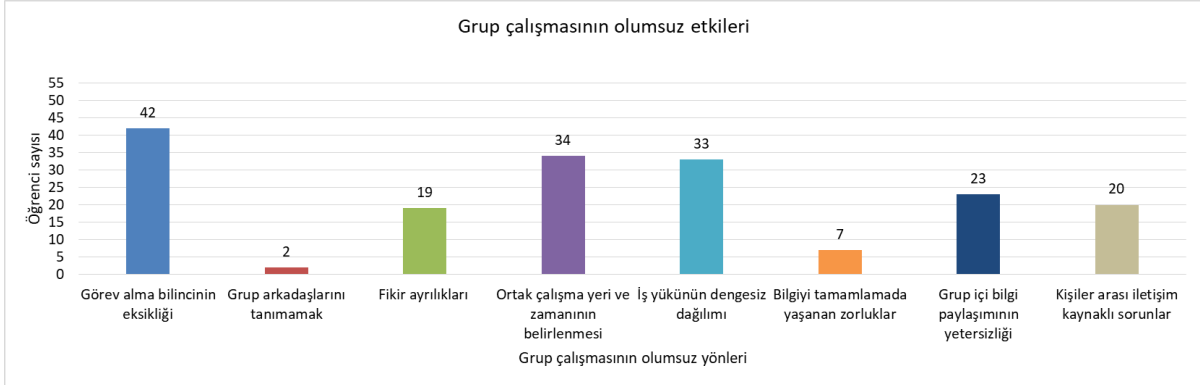
Yetmiş beş öğrenci tarafından yapılan değerlendirmede, %65'i (49 kişi) bir arada çalışırken yeni fikirlerin ortaya çıktığını ve farklı fikirler arasında en uygun olanı seçebildiklerini, bu sayede daha nitelikli sonuç ürünleri ortaya çıkarabildiklerini belirtmişlerdir. Bireysel çalışma sırasında gözden kaçırdıkları noktaları bir arada çalışırken daha kolay tespit edebildikleri görülmüştür. Öğrencilerin %65'i (49 kişi) çalışmanın, grup üyeleri arasında adaletli biçimde paylaşılmasına bağlı olarak iş yüklerinin ve çalışma sürelerinin azaldığını, %7'side (5 kişi) bu sayede daha verimli çalışma zamanları oluşturabildiklerini aktarmışlardır. %63'ü (47 kişi) bir arada çalıştıkları zamanlarda eksik kaldıkları konuları birbirlerinden öğrenme fırsatı bulduklarını, %43'ü (32 kişi) grup halinde çalışma kavramını öğrendiklerini ve mesleki açıdan kendilerine olumlu katkıları olacağını düşündüklerini belirtmişlerdir. Öğrencilerin %36'sı (27 kişi) grup çalışmasının kendi aralarındaki iletişimin gelişmesine katkı sağladığını, %15'i (11 kişi) grup çalışmasında yalnızca kendilerinin değil grup arkadaşlarının sorumluluklarını aldıklarını belirtirken, grup içerisinde verilen görevin sorumluluğunu yerine getirmeyi öğrendiklerini belirtmişlerdir. %32'si (24 kişi) grup üyelerinden aldıkları destek sayesinde çalışma motivasyonlarının arttığını, %8'i (6 kişi) grup içerisinde liderlik özelliği kazanmayı öğrendiklerini belirtmişlerdir. İş bölümü sürecinde %13'ü (10 kişi) herkesin iyi olduğu işi yüklendiğini, böylelikle bilgilerini birbirlerine daha kolay aktarabildiklerini ve sonuç ürünlerinin daha iyi olduğunu belirtmişlerdir (Şekil 1).



Şekil 1: Grup çalışmasının öğrenciler üzerindeki olumlu etkileri

Öğrencilerin %56'sı (42 kişi) grup çalışması bilincine sahip olmayan bireylerden dolayı çalışmanın aksadığını belirtmiştir. Ayrıca %31'i (23 kişi) grup içi bilgi paylaşımının yetersiz olması nedeniyle de bilgilerinin eksik kaldığını, %27'side (20 kişi) bunun en büyük nedeninin grup içi iletişimsizlik olduğunu ifade etmiştir. İletişimsizliğin yanı sıra öğrencilerin yalnızca iyi olduğu konularda çalışma yapmak istemesi ve bu çalışmaların bireysel kalması diğer grup üyelerinin bu bilgilerden eksik kalmasına neden olmaktadır. Öğrencilerin %44'ü (33 kişi) grup çalışma bilinci eksik olan ve yalnızca hâkim olduğu çalışmaları yapmak isteyen bireylerin iş yüklerinin dengesiz dağılmasına neden olduğunu ifade etmiştir. Bireylerin birbirinden ayrı çalışması haftalık yapılan çalışmaların bir araya getirilmesinde de çeşitli sıkıntılar meydana getirebilmektedir. Öğrencilerin %25'i (19 kişi) ortak karar verme sürecinde fikir ayrılıkları yaşadıklarını belirtmişlerdir. Ders programındaki farklılıklardan ötürü öğrencilerin %45'i (34 kişi) ortak çalışma zamanı ayarlamadıklarını, zaman zaman ortak çalışma mekânı bulunması konusunda da sıkıntılar yaşadıklarını ifade etmişlerdir. Öğrencilerin %9'u (7 kişi) çeşitli nedenlerle (hastalık, vb.) çalışmayı aksatmalarına bağlı olarak bilgiyi tamamlamada zorluk yaşadıklarını, bunun en büyük nedeninin olarak grup içi

iletişimsizlik olduğuna işaret etmişlerdir. Öğrencilerin %3'ü (2 kişi) grup arkadaşlarını önceden tanımadığı için onlarla iletişim kurma ve anlaşmada zaman zaman sorunlar yaşadığını ifade etmişlerdir (Şekil 2).



Şekil 2: Grup çalışmasının öğrenciler üzerindeki olumsuz etkileri

SONUÇ

Disiplinler arası çalışmayı gerektiren inşaat sektöründe mimar önemli bir role sahiptir. Mimarların güncel gelişmelere hâkim olması ve paydaşlar arasında iletişimin sağlanmasına yardımcı olması gerekmektedir. Bu bağlamda çoğunlukla bireysel çalışmalar üzerinden yürütülen mimarlık eğitiminde işbirlikçi çalışma kavramının öğrenilmesi büyük öneme sahip olmaktadır. Çalışma kapsamında Yapı bilgisi II dersinde uygulanan işbirlikçi öğrenme yönteminin sonuçları değerlendirildiğinde öğrencilerin farklı fikirleri bir arada değerlendirme imkânı bulmaları, nitelikli ürünlerin ortaya çıkması, bilgiyi öğrenebilme kolaylığı, grup çalışma bilincinin kazanılması, grup içi sorumluluk alabilme ve zaman planlamasının öğrenilmesi gibi olumlu etkileri olduğu görülmüştür. Öğrencilerin yaşadıkları olumsuzlukların temel nedeninin grup içindeki iletişimsizlik ve grup çalışma bilincinin eksikliği nedeniyle olduğu görülmüştür. Bireylerin grup çalışması bilincini edinmeleri, grup içi ve gruplar arası iletişimi kuvvetlendirmeleri durumunda çalışmaların daha verimli sonuçlar ortaya koyacağı tespit edilmiştir. Bu bağlamda mimarlık eğitiminde grup çalışmalarının artırılmasının bireyler arası iletişimin gelişmesine ve öğrencilerin profesyonel yaşantıya uyum sağlamalarını kolaylaştırılacağı öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

Akıncıtürk N, Erbil Y, Yücel Ç (2011) Cooperative Learning in an Architectural Design Studio. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 16, Sayı 2, 2011.

Austin J E (2000). Principles for Partnership. *Journal of Leader to Leader*, Number: 18, Page: 44-50.

Cisco (2013) Cisco Collaboration Work Practice Study, Cisco Public. Erişim: http://www.cisco.com/c/dam/en/us/solutions/collaboration/collaboration-sales/cwps_full_report.pdf Erişim tarihi: 9.12.2019.

Crosbie M J (1995) The Schools: How They're Failing the Profession (and What We Can Do about It), 1995.

Dikmen Ç B (2011) Mimarlık Eğitiminde Stüdyo Çalışmalarının Önemi: Temel Eğitim Stüdyoları, *e-Journal of New World Sciences Academy*, Volume: 6, Number: 4, Page 1509-1520.

Emam M, Taha D, ElSayad Z (2019) Collaborative Pedagogy in Architectural Design Studio: A Case Study in Applying Collaborative Design, *Alexandria Engineering Journal* (2019) 58, 163–170.

Erbil Y (2008) Mimarlık Eğitiminde “Yaparak/Yaşayarak Öğrenme”. *e-Journal of New World Sciences Academy*, Volume: 3, Number: 3, Page: 579-587.

Johnson D W, Johnson R T, Stanne M B and Garibaldi A (1990) Impact of Group Processing on Achievement in Cooperative Groups. *The Journal of Social Psychology* 130 (4), 507-516, 1990.

Ketizmen G (2003) Mimari Tasarım Stüdyosunda Çalışma Yöntemleri: Anadolu Üniversitesi Mimarlık Bölümü Örneği, *Ege Mimarlık Dergisi*, Sayı: 47, Sayfa: 32-34.

Klemm W R (1994) Using a Formal Collaborative Learning Paradigm for Veterinary Medical Education. *Journal of Veterinary Medical Education*, 21(1), 2-6. Url: <https://scholar.lib.vt.edu/ejournals/JVME/V21-1/Klemm.html> Erişim tarihi: 30.11.2019.

Laal M, Laal M (2012) Collaborative Learning: What Is It?. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 31 (2012) 491 – 495.

Leonard P E, Leonard L J (2001). The Collaborative Prescription: Remedy or Reverie? *International Journal of Leadership in Education*, 4(4), 383–399.

Mcpeek K T, Dockter B (2008) “Extending the Mission of the Design Studio through Collaborative Engagement”.

McPeek K T (2010) Collaboration in the Design Studio: An Examination of Current and Proposed Methods of Educating Architecture Students, 2010.

Middlecamp C (1997) “Students speak out on collaborative learning” National Institute for Science Education, Collaborative Learning, 1997. Url: <http://archive.wceruw.org/cl1/cl/story/middlecc/TSCMD.htm#speed>, Erişim tarihi: 30.11.2019.

Nalçakan H, Polatoğlu Ç (2008) Türkiye’deki ve Dünyadaki Mimarlık Eğitiminin Karşılaştırmalı Analizi ile Küreselleşmenin Mimarlık Eğitimine Etkisinin İrdelenmesi, *Megaron Dergisi*, Cilt 3, Sayı 1, Sayfa 79-103. Erişim : <http://www.journalagent.com/megaron/pdfs/MEGARON-24085-ARTICLE-NALCAKAN.pdf> Erişim tarihi: 3.12.2019.

Smith B L, MacGregor J T (1992). What is Collaborative Learning? In Goodsell , A., Maher, M., Tinto, V., Smith, B. L. & MacGregor J. T. (Eds.), Collaborative Learning: A Sourcebook for Higher Education. Pennsylvania State University; USA, National Center on Postsecondary Teaching, Learning, and Assessment Publishing.

Srinivas H (2011) What is Collaborative Learning? The Global Development Research Center, Kobe; Japan, (2011 Oct. 21, last updated).

Türk Dil Kurumu (2019) <https://sozluk.gov.tr/>, Erişim tarihi: 29.11.2019.

Uçar M, Levent Y S (2013) Farklı Bir Tasarım Dersi Deneyimi Üzerine Değerlendirmeler: Yarışma–Tasarım Dersi Birlikteliği ve Grup Çalışması, Mersin’den Mimarlık Planlama Tasarım Yazıları Taner Gök’e Armağan, Mersin Üniversitesi Yayınları No:35, Mimarlık Fakültesi Yayınları No:4, Sayfa 247-259.

Url-1, 2019 <https://tr.wikipedia.org/wiki/K%C3%BCreselle%C5%9Fme> Erişim tarihi: 7.12.2019.

Welch M (1998). Collaboration: Staying on the Bandwagon. Journal of Teacher Education; 49(1), 26–37.

KENT İÇİ ULAŞIMDA RAYLI SİSTEMLERİN ÖNEMİ VE ANKARA, BERLİN, LONDRA VE PARİS'İN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

Murat GÜL

Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Dr. Öğr. Üyesi Kemal YAMAN

Karabük Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi

ÖZET

Raylı sistem ağlarının gelişmesi, kentsel ulaşım ile ilgili birçok sorunu da kendiliğinden çözmektedir. Uzun yıllar boyunca raylı sistemlerle yaşamaya alışmış olan toplumlarda toplu taşıma kültürü oluşmuş ve kent içi seyahatlerin ana merkezinde raylı sistemler yer almıştır.

Bu çalışmada, Ankara, Berlin, Londra ve Paris raylı sistemleri incelenmiş, elde edilen bilgiler ışığında karşılaştırmalar yapılmıştır. Berlin'de kullanılan raylı sistemlerde 1142 istasyon bulunmaktayken, bu sayı Londra'da 466, Paris'te 743, Ankara'da ise 82'dir. İncelenen üç Avrupa Başkentinde günlük taşınan yolcuların ortalaması 5.850.000 kişi iken Ankara'da bu sayı 355.485'dir. Toplam ray uzunluğu Berlin'de 663, Londra'da 635, Paris'te 1089, Ankara'da 106 km'dir. Bu verilerden anlaşılacağı üzere Ankara'nın bu konuda diğer dünya başkentlerinden geri kaldığı görülmüştür. İncelenen başkentlerde raylı sistemlerin hat sayısı ve özellikle taşınan yolcu sayısı dikkate alındığında, Ankara'da çok daha fazla yatırım yapılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu sistemlerin kurulması gerek ekonomik, gerekse de teknolojik gelişmişlikle doğrudan ilgili olduğundan, kısa sürede büyük ray ağlarına sahip olmak kolay görünmemektedir.

Anahtar Kelimeler: Raylı Sistemler, Kent İçi Raylı Sistemler, Metro, Banliyö, Tramvay

ABSTRACT

The development of the rail system networks solves many problems related to transportation. For many years, the people who have become accustomed to living with rail systems have developed a public transport culture.

In this study, the comparative analysis of Ankara, Berlin, London and Paris rail systems were examined and comparisons were made. There are 1142 stations in Berlin, which is 746 in London 466 in Paris and 82 in Ankara. The average number of passengers transported in the three European Capital cities examined is around 5,850,000, while this number is around 355,485 in Ankara. The total rail length is 663 km in Berlin, 635 km in London, 108 km in Paris and 106 km in Ankara. According to these data, it is seen that Ankara has lagged behind other world capitals, but it has been concluded that this gap has been tried to be closed in recent years. Considering the number of lines of rail systems and the number of passengers transported in the capitals examined, it is necessary to make more investments in Ankara. Establishment of these systems; since it is directly related to both economic and technological development, it is not easy to have large rail networks in a short time.

Keywords: Rail Systems, Urban Rail Systems, Subway, Suburb, Tram

GİRİŞ

Günümüzde, kentlerde artan nüfus yoğunluğu; çevre kirliliği, düzensiz yapılaşma, göç hareketleri sonucu demografik yapının bozulması, belediyecilik hizmetlerinin yetersiz kalması gibi birçok sorunu beraberinde getirirken bunların arasında kuşkusuz ulaşım olanaklarının yetersiz kalması da gelmektedir. Özellikle hızlı büyüyen metropollerde oluşan trafik yoğunluğuna çözüm olarak toplu taşıma sistemlerinin geliştirilmesi önem arz etmektedir. Toplu taşıma türleri arasında kent içi raylı sistemler, daha rahat, güvenilir, temiz enerji kullanımı sonucunda daha az hava kirliliği, yüksek taşıma kapasitesi ve hızlı erişim sağlamaları sebebiyle gitgide daha fazla tercih edilmektedir. Örneğin yeraltında hizmet veren bir metro sisteminde, günde yüz binlerce yolcu taşınmakta olup, bu taşıma sırasında insanların aktif olarak kullandıkları yol, kaldırım vb. alanlar işgal edilmemektedir. Bir yandan taşıma görevini yerine getirmekle birlikte, diğer yandan da yaşam alanlarını etkilememesi nedeniyle kentsel yoğunluğu artırmamaktadır. Ayrıca motorlu taşıtlar ile yapılan ulaşım faaliyetlerinin de yükünü azaltmakta, bunu da yaparken çevre kirliliği, gürültü kirliliği, görüntü kirliliği gibi insan psikolojisini olumsuz etkileyen faktörlerin de ortaya çıkmasını engellemektedir. Dünyadaki metropollerde trafik sıkışıklığına kesin çözümler bulunması zor olup, sadece bu sıkışıklığın azaltılmasına dönük çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmaların da başında toplu taşıma sistemleri gelmektedir. Toplu taşımacılığın ilk kez uygulanmaya başladığı dönemlerde lastik tekerlekli araçlarla bu hizmetler verilmeye başlanmış olup, ilerleyen zamanlarda oluşan talebe karşılık verememesi sebebiyle raylı sistemli toplu taşımacılık gelişmeye başlamıştır. İlk yatırım giderlerinin yüksek olmasına karşılık, orta ve uzun vadede fert başına ulaşım maliyetlerini de düşüren bu sistemler daha güvenilir ve daha çevreci olması sebebiyle daha fazla tercih edilmeye başlanmıştır.

ARAŞTIRMA YÖNTEMİ, AMACI VE ÖNEMİ

Bu çalışmada temel olarak nicel araştırma yöntemlerinden içerik analizi tekniği kullanılmıştır. Bu amaçla konu ile ilgili kitap, makale, bildiri ve tezler ile raylı sistemleri yöneten şirket veya kuruluşların internet sayfalarından yararlanılmıştır. Bu kaynaklardan elde edilen veriler ışığında oluşturulan tablolara yer verilmiştir. Araştırma konusu olarak Avrupa'nın önemli başkentlerinden Berlin, Londra ve Paris ile Ankara seçilmiştir. Bu başkentlerde kullanılmakta olan raylı sistemler; istasyon sayısı, yılda taşınan yolcu sayısı, sistemin işletmeye ilk açılış yılı, hat sayısı, sürücüsüz çekici varlığı, hat uzunluğu, hizmet ettiği nüfus ile ücret politikaları vb. gibi parametreler açısından karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Böylece elde edilen sonuçlar ışığında Ankara'da uygulanacak olan ileriye dönük projelere katkı sağlamak amaçlanmıştır. Araştırma bütçesi ve zamanın yetersizliğinden olayı araştırma kapsamı 4 başkentle sınırlandırılmıştır.

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Raylı sistemler, kent içi toplu taşımacılıkta demiryolu yerine kullanılan bir kavramdır (Anlağan, 2015:14). Kentlerde hızla artan yolcu trafiği, petrol fiyatlarındaki yükseliş, sera gazı emisyonunun azaltılması eğilimi ve toplu taşımada yolcu başına düşen maliyetlerin

düşürülmesi isteği ilk yatırım maliyetleri yüksek olmasına rağmen şehir içi ulaşımda raylı sistemlerin daha çok tercih edilmesine yol açmıştır. Günümüzde şehir içi ulaşımda yaygın olarak kullanılan altı farklı kategoride değerlendirilmektedir. Bunlar metro, hafif raylı sistemler, tramvay, banliyö, monorail (havaray) ve finiküler sistemleridir.

Metro

Kendine ayrılmış yolu bulunan, diğer sistemler ile yol kesişmesi olmayan, yer altında veya üstünde hareket eden, 1435 mm hat genişliğine sahip, ortalama hızı 25-90 km/saat olan, tek yönde saatte 30.000–80.000 yolcu taşıyan, ortalama yatırım maliyeti kilometre başına 40-100 milyon ABD doları olan yüksek güvenilirlikli (Keskin, 2013:6; Anlağan, 2015:18, Tutan, 2016:4; Arlı, t.y.:17) sistemlerdir.

Hafif Raylı Sistemler

Tek araba veya kısa dizi hâlinde iletilebilen yer seviyesinde veya yükseltilmiş yollarda kendine ait özel bir yolu ve çoğunlukla caddeleri kullanan bir kent içi elektrikli ulaşım sistemidir. Gelişen ve hızla genişleyen büyük kentlerin, toplu yolcu taşıma ihtiyaçlarını karşılamak için geliştirilen ve günümüz büyük kentlerinde yaşamı ve ulaşımı kolaylaştıran, elektrik enerjisiyle çalışan, çeken ve çekilen araçlardan oluşan bir sistemdir. Temel özelliği çalıştığı yolun tamamıyla diğer kullanıcılardan ayrılmış olmasıdır.

Tramvaylar

Genelde kara yolu ile aynı güzergâhı paylaşan, üzerinde bulunan elektrik tellerinden enerjisini alan, belirli istasyonlarda yolcu alıp indiren tek araç olarak dizayn edilen çeken araçlardır.

Banliyö Yolcu Treni

Kent ile banliyö arasında işleyen tren hattına banliyö treni adı verilir. Şehirlerin geniş bir coğrafyaya yayılmaları ve beraberinde getirdikleri trafik yoğunluğu nedeniyle banliyölere ulaşımda demiryolunun önemini her zaman korumuştur.

Monorail

Üst yollu yakın mesafe, elektrikli toplu taşıma sistemidir. Ray yolu, kapalı bir kutu şeklinde (alttan asılı) veya aracın kapattığı, ata biner gibi üzerine oturduğu (üstten giden) olmak üzere iki türüdür. Yüksek seviyeli çelik veya beton kolonlara asılı şekilde monte edilmiştir. Hızı 80 km/h dolayında sınırlanan bu sistem, tek kabinle çalıştırılabildiği gibi dizi oluşturularak da çalıştırılabilir.

AGT (Otomatik Sürücüsüz Sistemler)

Sürülmesi ve kontrolü bilgisayar aracılığı ile yapılan, sabit bir kılavuz yol üzerinde değişik aralıklarla işletilebilen küçük araçlardır. Lastik tekerlekleri ve elektrik enerjisi alması nedeniyle en sessiz ulaşım biçimlerinden biridir. Emisyonu olmadığı için çevrecidir ve makinisti olmadığı için çok az ilave maliyetle çok sık servis yapabilir. AGT'nin yüksek yatırım maliyetine oranla yolcu kapasitesinin düşük olması dezavantajdır.

LİTERATÜR ÖZETİ

Literatürde, Kent İçi Toplu Taşımacılıkta Raylı Sistemler konusunu ele alan birçok çalışma vardır. Örneğin “Ankara’da Raylı Ulaşım” (Çubuk & Türkmen, 2003) “Türkiye’de Kentsel Raylı Sistemlerin Gerekliliği ve Uygulamada Dikkat Edilecek Konular” (Öğüt ve Evren, 2006), “Toplu Taşıma Türünün Seçiminde Çok Kriterli Karar Verme Uygulaması” (Hamurcu ve Eren, 2017), “Sürdürülebilir Kent İçi Ulaşım Politikaları ve Toplu Taşıma Sistemlerinin Karşılaştırılması” (Cirit, 2014), “Kent İçi Raylı Toplu Taşıma Sistemleri İncelemesi ve Dünya Örnekleri İle Karşılaştırılması” (Baştürk, 2014) başlıkları altında benzeri makale, tez ve bildiri türünde çalışmalar yapmışlar ve konuyu derinlemesine araştırmış ve kendi düşüncelerine göre yorumlamışlardır.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Araştırmaya konu olan başkentlerde kullanılan raylı sistemler ve bunlara ilişkin özellikler aşağıda verildiği gibidir.

BERLİN

Berlin’de üç farklı raylı sistem bulunmakta olup bunlardan Berlin Tramvayı (Straßenbahn) 1865’de, Metro (U-Bahn) 1902’de, Banliyö treni (S-Bahn) 1924 yılında hizmete girmiştir (Tablo 1).

S-Bahn

Almanya’nın Başkenti Berlin’de bulunan S-Bahn, 170 istasyon, 15 hat ve 330 kilometrelik bir ağa sahiptir. Şehirde banliyö treni hizmeti sunan S-Bahn çoğunlukla yer üstü yüksek demiryolu hatlarında hizmet vermektedir. İstasyonlar yeşil ve beyaz S-sembolüyle tanınabilir. İşletmesi Berlin Verkehrsbetriebe (BVG) şirketine ait olan bu sistemlerde normal biletler geçerli olup, bu biletler otobüs, metro ve tramvaylar için de kullanılabilir. Biletler, bilet makinelerinde ya da büyük tren istasyonlarındaki satış noktalarında satılmaktadır. S-Bahn trenleri hafta içi 04.30’dan 01.30’a kadar hizmet vermektedir. 5-10-20 dakika aralıklarla çalışmakta olan S-Bahn, hafta sonları 24 saat çalışmaktadır. Günün belirli saatlerinde sefer aralıkları 2 dakikaya kadar düşebilmektedir. (berlin.de, 2018; sbahn.berlin, 2018; bvg.de, 2018).

U-Bahn

U-Bahn Berlin, şehrin toplu taşımada önemli bir yere sahip olup, Almanca adı U-Bahn Untergrundbahn kelimesinin kısaltmasıdır. 1902’de hizmet vermeye başlayan U-Bahn raylı sistem ağı, %80’i yer altında olan 146 kilometrelik demiryolu uzunluğuyla, 10 ayrı hatta 173 istasyonla hizmet vermektedir.

Berlin içi ve dışındaki trafiği azaltmak amacıyla yapılan ağ, şehrin II. Dünya Savaşı sonrası Doğu ve Batı Berlin olarak bölünmesine kadar hızlı bir şekilde yayılmıştır. Bölünme sonrası, raylı sistem iki tarafa bir süre açık kalsa da Berlin Duvarı’nın inşası ve Doğu Almanya yönetimi tarafından getirilen kısıtlamalar sonrası, Doğu Berlin metro hatları Batı’dan ayrılmıştır. Batı Berlin hatlarının bazılarının Doğu Berlin sınırlarından geçmesine izin verilse de trenler istasyonlarda durmadan yoluna devam etmişlerdir. Sadece Friedrichstraße istasyonu açık bırakılarak Doğu Berlin’e bir sınır geçiş noktası olarak kullanılmıştır. Sistem, Berlin

Duvarı'nın yıkılmasıyla Almanya'nın yeniden birleşmesi sonrası tamamıyla tekrar kullanıma açılmıştır. (berlin.de, 2018;sbahn.berlin, 2018;bvg.de, 2018)

Straßenbahn - Berlin Tramvayı

Berlin tramvayı 1865 yılında açılmış olup, 1895 yılında elektrikleştirilmiştir. Melbourne ve St. Petersburg tramvaylarından sonra dünyanın üçüncü büyük tramvay hattıdır. Sistem 300 km uzunlukta olup, 22 hat ve 803 durağa sahiptir. Gece de hizmetine ara vermeyen tramvay sistemi, diğer raylı sistemlerle entegre olup, aynı biletler ile seyahat etme imkânı sunmaktadır. Diğer raylı sistemlerde de olduğu gibi işletmesini BVG şirketi yapmaktadır. Tramvaylardaki bilet makinelerinden veya sürücüden tek ve günlük bilet satın alabilmektedir. Berlin'de bulunan Tramvay hatları şehrin doğusunda hizmet vermektedir.

Tablo-1 Berlin raylı sistem genel bilgileri

Açıklama	S-Bahn	U-Bahn	Straßenbahn	Toplam
İstasyon Sayısı	170	173	382	
Taşınan Yolcu Sayısı(Yıl/Milyon)	441	563	457	1461
Sistemin İşletmeye İlk Açılış Yılı	1924	1902	1865	
Hat Sayısı	15	10	22	48
Sürücüsüz Çekici Varlığı	Yok	Yok	Yok	
Hat uzunluğu(km)	330	146	192	
Operatör	BVG	BVG	BVG/ ws*	
Havalimanına Ulaşma İmkânı	<i>Tegel ve Schönefeld Havalimanı</i>			
İstasyona girişte turnike	<i>Yok</i>			
Kapsam alanı (km ²)	<i>892</i>			
Hizmet ettiği nüfus (milyon)	<i>3,7</i>			

*Woltersdorfer Straßenbahn GmbH

Kaynak: (berlin.de, 2018;sbahn.berlin, 2018;bvg.de, 2018;wikiroutes, 2019).

Berlin raylı sisteminin ücret sistemi ve bu konuda uygulanan politikalar incelendiğinde (Tablo 2) tek binişlik normal tarifenin 2,80 (bazı hatlarda 2,60), 24 saatlik biletin 7 Euro olduğu, trene binmeden önce platformda ya da trende bilet onaylamanın gerekli olduğu ve kaçak yolcular için 60 € ceza kesildiği anlaşılmıştır.

Tablo-2 Berlin raylı sistemi ücretlendirme tarifesi (Euro)

Açıklama	Bölgeler		
	AB	BC	ABC
Kısa mesafe bileti (mak 3 durak)	1,70	1,70	1,70
Tek Binişlik Bilet (2 saat geçerli)	2,80/2.60	3,10	3,40
24 Saatlik Bilet	7,00	7,40	7,70
3 Günlük Bilet*	Yok	Yok	Yok
Haftalık Bilet	30,00	31,40	37,50
Aylık Abonelik	81	83,20	105,00
Bilet Onaylama	<i>Platformda ya da trende</i>		

Mobil bilet alımı	Var
Kaçak yolcu cezası	60.00

*Turistler için mevcut olup farklı özelliklere sahip olduğundan tabloda yer almamıştır
Kaynak: (bvg.de, 2019).

Berlin raylı sistemlerini genel olarak değerlendirecek olursak, 1865 yılından başlayarak hizmete girdiği, günümüze değin sürekli gelişim gösterdiği ve halen kentin her yanına erişim sağlayabilen kapasiteye eriştiği görülmektedir. Raylı sistemlerin fiziki toplam uzunluğu ve toplam istasyon sayısı farklı hatlar tarafından ortak kullanımın olması nedeniyle hesaplanamamıştır. Tüm sistemde yılda taşınan toplam yolcu sayısı ise yaklaşık 1,4 milyar olmuştur.

LONDRA

Londra'daki tüm sistemler Transport For London (TfL) şirketi tarafından işletilmekte olup, London Underground/Londra Metrosu, London Overground/Londra Banliyö Sistemleri, DLR/Docklands Light Railway ve London Trams/Londra Tramvayını bünyesinde bulundurmaktadır. Tabloda da görüleceği üzere kent genelindeki raylı sistemlerde günlük yaklaşık 4,6 Milyon kişi seyahat etmekte, toplam istasyon sayısı 466, hat sayısı 31 ve ray uzunluğu 635 km'dir. 1860'lı yıllarda işletilmeye başlanan sistemlerle, kentin hemen her yerine ulaşım sağlanmaktadır (Tablo 3).

Londra Metrosu (London Underground)

Londra Metrosu, Birleşik Krallığın başkenti Londra ve yakın çevresindeki Essex, Hertfordshire ve Buckinghamshire kentlerini birbirine bağlayan raylı toplu taşıma sistemidir. 1863 yılında kullanıma giren metro, dünyanın en eski yeraltı ulaşım sistemi olarak bilinmektedir. Londra metrosu ayrıca dünyada elektrikli trenin kullanıldığı ilk hattır. Londra Metrosu'nun ilk hatları çeşitli özel şirketler tarafından açılmış olup, günümüzde TfL tarafından işletmeciliği yapılmaktadır.

Sistemde toplam 270 istasyon vardır. Hatların toplam uzunluğu 402 kilometredir. Bu uzunlukla Şangay metrosundan sonra dünyanın en uzun ikinci metrosu sistemidir. Sistemin %45'i yeraltı tünellerinden oluşmaktadır. Metronun kullanımı yıllık yaklaşık 1,35 milyar kişiye çıkmıştır. Dünyanın en yoğun 11. metro sistemidir (Londonpass, 2019; LondonTube, 2019; Londra Metrosu, 2019)

London Overground/Londra Banliyö Sistemleri

Londra bölünüsü Londra ve banliyölerine hizmet veren bir raylı sistem ağıdır. Sistem Londra'nın merkezi dışındaki alanlar arasında daha iyi bağlantılar sağlamak amacıyla 11 Kasım 2007 tarihinde açılmıştır. 167 km uzunlukta, dokuz hat ve 112 istasyona sahip olup, 23 Londra kasabasına hizmet vermektedir. Londra Bölünüsü de TfL tarafından işletilmektedir.

Docklands Light Railway (DLR)

DLR Londra'nın diğer bir raylı sisteminin adıdır. DLR 31 Ağustos 1987 tarihinde açılmış olup Londra'nın Docklands bölgesine hizmet vermektedir. Sistem 38 km uzunlukta olup dört hat ve 45 istasyona sahip olan bir sürücüsüz tren sistemidir.

London Trams/Londra Tramvayı

İlk kez 1860 yılında kullanılmaya başlanan atlı tramvaylar, 1952 yılına kadar hizmet vermişlerdir. Daha sonra motorlu taşıtların daha fazla kullanılmaya başlanmasıyla tramvay hatları kademeli olarak kaldırılmış olup, 2000'li yıllarda modernize edilerek elektrikli sistemler kullanılarak yeniden hizmete açılmıştır. Sistemde 4 hat ve 39 istasyon bulunmaktadır

Tablo 3- Londra raylı sistem genel bilgileri

Açıklama	Londra Metrosu	Overground Train	Docklands Light Rail	Londra Tramvayı
İstasyon Sayısı	270	112	45	39
Taşınan Yolcu Sayısı (Yıl/Milyon)	1350	188,8	119	29
Sistemin İşletmeye İlk Açılış Yılı	1863	2007	1987	1860
Hat Sayısı	11	9	7	4
Sürücüsüz Çekici Varlığı	Yok	Yok	Var	Yok
Hat uzunluğu(km)	402	167	38	28
Operatör	TfL	TfL	TfL	TfL
Havalimanına Ulaşma İmkânı		Heathrow London City Airport		
İstasyona girişte turnike		Kısmen var		
Kapsam alanı (km ²)		1572		
Hizmet ettiği nüfus (milyon)		8,817		

Kaynak: Londra Metrosu, 2019;Londontoolkit, 2019

Londra raylı sisteminin ücret tarifesi ve bu konuda uygulanan politikalar incelendiğinde (Tablo 4) tek binişlik normal tarifenin 4,90-6,00 Pound, Oyster kartı ile 24 saatlik biletin 4,5 Pound olduğu, trene binmeden önce platformda ya da trende bilet onaylamanın gerekli olduğu ve kaçak yolcular için 80 Pound ceza kesildiği anlaşılmıştır.

Tablo-4 Londra raylı sistemi ücretlendirme tarifesi (Pound)

Açıklama	Bölgeler		
	1-3	1-5	1-6
Tek Binişlik Bilet	4,90	5,90	6
Oyster Card(Tek biniş)	1,30-/3.30	3.90/4.70	4,70/5.10
24 Saatlik bilet (Oyster Card ile)	4,50		
3 Günlük Bilet	Yok	Yok	Yok
Haftalık Bilet	21,20		

Aylık Abonelik	81,50	
Bilet Onaylama		Platformda ya da trende
Mobil bilet alımı		Var
Kaçak yolcu cezası		80

PARİS

Paris raylı sistemleri Régée Autonome des Transports Parisiens - Paris Özerk Ulaştırma İdaresi (RATP) grubu tarafından işletilmekte olup, 1855 yılında atlar yardımıyla çekilen tramvaylar ile hizmet vermeye başlamıştır. Metro, Bölgesel Express ve Tramvay hattından teşkil olan raylı sistemlerde, 1900'lü yıllarda kullanılmaya başlanan metro, dünyanın en modern metro sistemleri arasında gösterilmektedir. Paris'te de ücret ve tarife fiyatları aynı olmakla birlikte, mesafelere göre farklılıklar gösterebilmektedir. Paris metrosunda sürücüsüz metro hattı bulunmaktadır. Günlük yaklaşık 8,9 Milyon kişi sistemi kullanmakta olup toplam 1089 km ile incelenen kentler arasındaki en fazla ray uzunluğuna sahip şehirdir (Tablo 5).

Paris Metrosu

Paris Metrosu'nun ilk hattı 19 Temmuz 1900'de açılmıştır. Açılışından bu yana, ağ kademeli şekilde gelişmiş, 1998 yılında açılan son hat ise dünyanın en modernlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Metro ağının bugün 300 istasyonu ve 217 kilometre demiryolu yolu vardır. Yıllık yaklaşık 1,5 Milyar yolcunun taşındığı metro ağında, sürücüsüz metro sistemleri bulunmaktadır.

Réseau Express Régional

Fransa'nın başkenti Paris ve banliyölerine hizmet veren ve banliyö hatları ile metronun bir bileşimi olan banliyö treni ağıdır. RER'in Paris'te Paris metrosu ile birkaç bağlantısı bulunmakta olup şehir içinde metro gibi çalışmakta olup, daha hızlıdır ve az sayıda durağa sahiptir.

Île-de-France Tramvay Hattı

Tramways d'Île-de-France Fransa'nın Île-de-France bölgesinde bulunan bir tramvay hattıdır. Île-de-France tramvay hattı, 6 Temmuz 1992 tarihinde açılmıştır. Sistem 104,7 km uzunlukta olup 10 hat ve 186 durağa sahiptir.

Tablo 5- Paris raylı sistem genel bilgiler

Açıklama	Metro	RER	Tramvay	Toplam
İstasyon Sayısı	300	257	186	
Taşınan Yolcu Sayısı(Yıl/Milyon)	1530	1440	294	2264
Sistemin İşletmeye İlk Açılış Yılı	1900	1969	1855	
Hat Sayısı	16	5	10	31

Sürücüsüz Çekici Varlığı	Var	Yok	Yok
Hat uzunluğu(km)	217	767 Km	104,7
Operatör	RATP		
Havalimanına Ulaşma İmkânı	Yok	Charles	Orly
İstasyona girişte turnike			Var
Kapsam alanı (km ²)			
Hizmet ettiği nüfus (milyon)			

Tablo 6’da Paris raylı sisteminin ücret tarifesi ve bu konuda uygulanan politikalar verilmiştir. Buna göre tek binişlik normal tarifenin tüm bölgeler için 1.90 € olduğu Mobilis kartı ile 24 saatlik biletin bölgelere göre 7,5-17,80 € arasında değiştiği, trene binmeden önce platformda, trende ya da çıkışta bilet onaylamanın gerekli olduğu ve kaçak yolcular için 80 Pound ceza kesildiği anlaşılmıştır

Tablo-6 Paris raylı sistemi ücretlendirme tarifesi (Euro)

Açıklama	Bölgeler			
	1-2	1-3	1-4	1-5
Tek Binişlik Bilet	1.90	1.90	1.90	1.90
24 Saatlik bilet -Mobilis	7,5	10	12,4	17,80
3 Günlük Bilet	Yok	Yok	Yok	Yok
Haftalık Bilet- Navigo				22,80
Aylık Abonelik	75,20			
Bilet Onaylama	İstasyon-Tren-Çıkış			
Mobil bilet alımı			Bilgi yok	
Kaçak yolcu cezası			40	

Kaynak: (Paris Metrosu, 2019)

ANKARA

Ankara’da Ankaray, Ankara Metrosu ve Başkentray adları altında 3 ayrı raylı sistem bulunmaktadır.

Ankaray

Ankaray Hafif Raylı Sisteminin projesine, 1990 Yatırım Programında, etüt proje olarak yer verilerek, 1992 yılında temeli atılmıştır. 1994 yılına kadar % 41,47’si gerçekleştirilen Ankaray, 30 Ağustos 1996 tarihinde işletmeye açılmıştır. 8.527 m. hat uzunluğu ve 11 istasyondan oluşan Ankaray Hafif Raylı Sistemi, Ankara kent merkezinin önemli bir aksında, Ankara Şehirlerarası Terminal İşletmesi ve Dikimevi arasında hizmet vermektedir. Ankaray, tek yönde saatte 27.000 yolcu taşıma kapasitesine sahip olup, güzergâhının 215 metresi hemzemin, 410 metresi yarma, 1.757 metresi delme tünel, 4.920 metresi ise aç-kapa tünel şeklinde; toplam 8.527 metre olarak inşa edilmiştir.

Genel olarak şehrin nüfus yoğunluğu fazla olan kesimlerinde faaliyet gösteren Ankaray'ın otobüs terminaline olan bağlantısı önem arz etmektedir. Ankaray, şehirde bulunan diğer raylı sistemlerle, gişelerden çıkmadan aktarma yapılan istasyonlara sahip olduğu gibi Dikimevi ve Kurtuluş istasyonlarından banliyö sistemlerine geçilmesi mümkündür. Ancak burada bilinmesi gereken, Ankaray'ın banliyö sistemi ile doğrudan bir bağlantısı olmayıp, istasyondan çıktuktan sonra yakın mesafede, aynı bilet/kart ve ücretlendirme sistemi kullanılarak yolculuk yapılmasına imkân sağlanmaktadır. Özellikle Kızılay istasyonu kentin merkezinde bulunmakta olup, buradan otobüsler vasıtasıyla tek biniş ile şehrin her yerine doğrudan ulaşım sağlanmaktadır.

Ankaray'da yolculuk yapabilmek için temin edilmesi gereken biletler, istasyonlardan satın alınabileceği gibi, bir defa alınacak *Ankarakart*'a istenen miktarda bakiye yüklemek suretiyle de gerçekleştirilmektedir. Ankaray ile Metro arasında Kızılay istasyonunda doğrudan bağlanma imkânı bulunmaktayken, gişelerden çıktuktan sonra, otobüs ve teleferik ile yolculuk yapmak istenirse, aktarma yapılmak suretiyle de ulaşımın devamı sağlanabilmektedir. Ayrıca aktarma yapılırken tam ücret ödemek yerine tabloda belirtilen tarifelerle indirimli seyahat imkânı sağlanmaktadır.

Ankaray'ın ilk servisi Sabah 06:00 'da başlamakta olup, gece 00:55' de son bulmaktadır. Sefer aralıkları günün belli saatleri değişiklik göstermekle birlikte, 6 ila 10 dk arasında hizmet vermektedir. Aşti istasyonu ve Dikimevi istasyonu arasındaki ortalama sefer süresi 13 dk'dır.

Tablo 7- Ankara raylı sistem genel bilgiler

Açıklama	Ankaray	Metro	Başkentray	Toplam
İstasyon Sayısı	11	47	24	
Taşınan Yolcu Sayısı(Yıl/Milyon)	30.3 ¹	82.2 ²	5.2 ³	
Sistemin İşletmeye İlk Açılış Yılı	1996	1997	1929	
Hat Sayısı	1	4	1	
Sürücüsüz Çekici Varlığı	Yok	Yok	Yok	
Hat uzunluğu(km)	8,6	59 Km	39	
Havalimanına Ulaşma İmkânı	Yok	Yok	Yok	
İstasyona girişte turnike			Var	
Kapsam alanı (km2)				
Hizmet ettiği nüfus (milyon)				

¹2018 yılının ilk on ayı baz alınmıştır.

²2017 Yılı Verileri

³2018 Yılı Nisan ve Ekim ayları arasında taşınan toplam yolcu sayısı

Ankara raylı sisteminin ücret tarifesi ve bu konuda uygulanan politikalar incelendiğinde, tek binişlik normal tarifenin 3 TL, Ankakart ile 24 tek binişin 2,5 TL, aktarmanın 1.00 TL olduğu

ve 24 saatlik ve diğer kısa dönemlik bilet alma imkanı olmadığı görülmektedir. Bilet onaylama işlemi trene binmeden önce turnikelerde yapılmaktadır.

Ankara Metrosu

28 Aralık 1997’de hizmete açılan Ankara Metro İşletmesi; 4 hattan oluşmakta olup, 47 istasyonu bulunmaktadır. 05 Ocak 2017 günü açılan M4 Keçiören hattı ve 2014 yılında açılan M2, M3 hatları ile toplam ray uzunluğu 55,8 km. ye ulaşmıştır. Ankara Metro İşletmesinde 78 set tren olup, ticari servis işletmesinde genel olarak 2 set trenden oluşan 6’lı tren ile hizmet sunulmaktadır (Ankara Metrosu, 2019)

Ankaray’a nazaran daha geniş bir alanda hizmet veren Ankara Metrosu, son yıllarda açılan yeni hatlarıyla Başkent’in ulaşımına büyük ölçüde katkı sağlamıştır. Biletleme sistemi, Ankaray ve Başkent Ray banliyö sistemi ile entegre olan Ankara Metrosu, son duraklarında bulunan otobüs ring hizmetleri ile metro ağının ulaşmadığı yerlere aktarma vasıtasıyla ulaşım sağlamaktadır.

Ankara metrosu sabah 06:00’da hizmete başlamakta olup, gece 01:00’de son seferini gerçekleştirmektedir. Raylı sistemlerin ulaştığı alanlarda, araç trafiğinde azalmakta görülmekte olup, bu duruma en iyi örnek Keçiören hattının devreye girmesiyle yaşanmıştır. Her ne kadar yapım aşaması çok uzun sürmüş olsa da, devreye alındıktan sonra bu bölgedeki trafik düzeyinde fark edilir bir rahatlama görülmüştür.

Ankara’nın merkezi olarak sayılan Kızılay, aynı zamanda metronun da merkez istasyonudur. Kızılay İstasyonundan Batıkent ve Çayyolu’na direkt seferler yapılmakta olup, gişelerden çıkmadan Ankaray’a doğrudan bağlantı imkânı da bulunmaktadır.

Başkentray

27 Kasım 1892 günü Ankara’ya ilk trenin geldiği gün olarak tarih kayıtlarına geçmiş olup, günümüze kadar çeşitli dönüşümler yaşanmıştır. Kayaş ve Sincan arasında 28 istasyonda hizmet veren banliyö hattı, 1929 yılında hizmete açılmış, 1972’de ilk kez elektrikli trenler kullanılmaya başlanmıştır.

2016 yılında modernizasyon kapsamında kapatılan banliyö sistemi, yaklaşık iki yıllık çalışmanın ardından *Başkentray* ismi ile 12 Nisan 2018’de tekrar hizmete açılmıştır. Modernizasyon çalışmaları neticesinde birbirine çok yakın olan istasyonlar kapatılmış, istasyon sayısı 28’den 24’e düşürülmüştür. Başkentray 5 hattan oluşmakta olup, 2 Hızlı Tren hattı, 2 Banliyö Tren hattı, 1 konvansiyonel tren hattından oluşmaktadır. Sincan ve Kayaş istasyonları arasında faaliyet gösteren banliyö sisteminin toplam uzunluğu 39 Km olup, ortalama seyahat süresi 49 dakikadır.

Başkentray’da modernizasyon çalışmalarının tamamlanmasıyla, önemli değişimler yaşanmıştır. Örneğin; eski sistemde, hemzemin geçitlerin bulunduğu yerlerde, tren geçişlerinin yaşanacağı zamanlarda araç trafiği durdurulmaktaydı. Trenlerin hemzemin

geçitlere yaklaşmadan önce trafiğin kesildiği, trenlerin geçiş süresi ve geçişin tamamlandıktan sonra tekrar trafiğin açılması süreleri hesaplandığında ve gün boyu bu durumun defalarca tekrar edildiği göz önüne alındığında, hemzemin geçitlerin modernizasyon sonucunda kapatılarak bu geçiş işlemlerinin yer altı veya yer üstüne alınmasıyla bu olumsuzluklar da son bulmuştur. Böylece, tren geçiş anında trafik kazaları yaşanması ihtimali ortadan kalkmış, tren geçişlerinin yaşanması sırasında bekleme ve zaman kaybı son bulmuş, bu bekleme anında trafik yoğunlaşması ve araçların daha fazla çalışması nedeniyle doğaya saldıkları zararlı gazların da etkilerinden kurtulmak mümkün olmuştur. Ayrıca kullanılan yeni trenlerin gerek iç konforu gerekse de dış görünümü daha modern bir yapıya bürünmüştür. Yeni trenlerin gürültü düzeylerinin azalması nedeniyle; genelde yer üstünde ve yerleşim alanlarının çok yakınından geçen hatlarda insanların gürültü kirliliğine maruz kalmaları da nazaran azalmıştır. Başkentray banliyö sisteminde kullanılan bilet ve kartlar da diğer raylı sistemler ile entegre olmuş, aynı kartlar ve ücret tarifeleri ile seyahat etmek mümkün olmuştur.

Ankara'da banliyö sistemlerinin yaşadığı değişim, standart Anadolu treni görünümünden, daha modern hafif metro şekline evrilmiştir. Tarihi Ankara garı, önceleri sadece banliyö ve şehirler arası trenlere ev sahipliği yaparken, günümüzde hızlı trenlerin gelişmesi ve güzergahlarının çeşitlenmesiyle, adeta tren işletmeciliğinin Ankara'daki merkezini oluşturmuştur.

SONUÇ

Kent içi raylı sistemlerin, bazı dünya başkentlerindeki durumlarının araştırıldığı bu çalışma sonucunda, elde edilen veriler ışığında değerlendirme yapıldığında aşağıda özetlenen sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo-8 Berlin- Londra-Paris ve Ankara raylı sistemlerin karşılaştırması

Raylı Sistem Bilgileri	Berlin	Londra	Paris	Ankara
Raylı Sistem İstasyon Sayısı	1142	466	743	82
Günlük Taşınan Yolcu Sayısı	4.000.632	4.621.370	8.942.465	355.485
İlk Raylı Sistemin İşletmeye Açılış Yılı	1865	1860	1855	1929
Toplam Hat Sayısı	48	31	31	6
Toplam Ray Uzunluğu (Km)	663	635	1089	106

Berlin, Paris ve Londra gibi önemli Avrupa başkentlerinde şehir içi ulaşımında kullanılan raylı sistemlerin mevcudiyeti 1850'li yıllara dayanmaktayken, Ankara'da 1996 yılında hizmete başlamıştır. Diğer başkentlerin bu sistemlerle erken tanışması, hat sayılarının artmasına ve kentlerin hemen her noktasına ulaşmalarına olanak sağlamıştır. Haritalardan da görüleceği üzere raylı sistem ağlarının kesişme noktaları, birbirleri arasında geçiş yapmak suretiyle, uzak

mesafelere raylı sistemlerle gitmeyi mümkün kılmaktadır. Ankara'da ise bu kentlerin çok uzağındadır. Son yıllarda Ankara Metrosuna eklenen hatlar ile genişleme sağlansa da yoğun bir ağ haritasına ulaşmak kısa vadede mümkün görünmemektedir.

İncelenen kentlerde yıllık taşınan yolcu sayıları milyarlara ulaşmakta olup, Ankara bu sayının uzağında kalmaktadır. Elbette fazla yolcu taşımak için, daha fazla raylı sistem ağına sahip olma gerekliliği olsa da, raylı sistemin olmadığı alanlara yapılacak seyahatlerde, diğer motorlu araçlar kullanılacağından, birçok sorunu da beraberinde getirmektedir. Zaman kaybı, trafik yoğunluğu, gürültü kirliliği, çevre kirliliği, kaynakların verimli harcanamaması, trafikte geçen sürede insanların psikolojik yorgunlukları göz önüne alındığında, aslında ulaşım türünün günümüzde ne denli önemli olduğunu ortaya çıkarmaktadır.

Diğer başkentlerde yer yer sürücüsüz metroların varlığı görülmekle beraber, Ankara'da bu sistemlerden bahsetmek mümkün olmamaktadır. Raylı sistemler gelişmiş teknolojik donanımlara sahip olup, bu gelişme bir dizi halinde oluşmaktadır. Kentler kurulma aşamasındayken altyapıları bu türlü sistemlere olanak sağlayacak şekilde tasarlanması gerekirken, ülkemizde genel uygulama, önce üst yapının tamamlanıp daha sonra türlü hizmetler devreye alınmaktadır. Ankara'da çok yakın zamana kadar banliyö trenleri çok eski sistemlerde ve şartlarda çalışmakta olup, biletleme sistemleri teknolojik vasıtalar ile değil, kâğıt biletlerin görevli tarafından tek tek kontrol edilmesi şeklinde yapılmaktaydı. Bu türlü biletleme sistemi elbette beraberinde kayıp ve kaçak kullanımı getirmekte bu da sistemlerin zarar ederek gelişmesine engel olmaktadır. Ancak, 2018 yılında tamamlanan modernizasyon sayesinde banliyö sistemleri çok daha kullanışlı hale gelmiş hem konfor hem de sistem olarak modern bir hale bürünmüştür. Bu modernizasyona dinamik olarak da Hızlı Tren sistemlerinin gelişmesi ve çeşitlenmesini örnek gösterebiliriz. Mevcut sistemde Hızlı Trenlerin çalışmayacak olması, ağların komple yenilenmesine olanak sağlamıştır. Önceden gidiş ve geliş olmak üzere sadece iki hattı bulunan raylı sistem ağı, Banliyö, Hızlı Tren ve Konvansiyonel Tren hattı olmak üzere beş hatta ayrılmıştır.

Hemen her Avrupa ülkesinde görülen, hatta ülkemizin de birçok kentinde mevcut bulunan Tramvay hizmetleri Ankara'da bulunmamaktadır. Metro ve Banliyö gibi çok yüksek maliyeti olmayan ve nazaran ciddi bir altyapı da gerektirmeyen tramvay sistemleri, motorlu araç trafiğinin yanında, hatta bazı bölümlerde aynı yolu kullanarak toplu taşımaya katkı sağlayabilecektir. Yüzey şekilleri olarak da elverişsiz olduğu düşünülmeyen Ankara'da tramvay sistemlerinin olması faydalı olacaktır.

Kent içi taşımacılıkta bir başka önemli etmen de havalimanlarına raylı sistem ile bağlantı kurulup kurulmadığıdır. Araştırmada görüldüğü üzere incelenen kentlerde en az bir raylı sistemin havalimanına ulaşımı sağladığı, aktarma kullanılarak da kentin herhangi bir noktasından ulaşılacağı sonucuna varılmıştır. Raylı sistemlerle yapılan ulaşım hizmetleri

genel olarak standart sürelerde yapılmakta, trafik sıkışıklığı gibi ulaşımı olumsuz etkileyecek durumlarla karşılaşmamaktadır. Bu durum da seyahat planlarımızın aksamasına engel olmaktadır. Ancak, Ankara'da bulunan herhangi bir raylı sistem ile havalimanına ulaşım sağlamak mümkün değildir. Bu durum da havalimanına ulaşımı zorlaştırmaktadır. Örneğin, Havalimanın şehir merkezine 30 Km mesafede olduğu ve protokol geçişlerinin havalimanı istikametinde çok sık yaşandığı gerçeği ile trafik sıkışıklığına kalarak uçuş saatinde ulaşılabilmesi sık yaşanan bir gerçektir. Ankara'da planlanan raylı sistem ağının Esenboğa Havalimanına ulaştırılması düşüncesi, zaman kaybedilmeden uygulamaya konulmalıdır.

Genel olarak diğer başkentlerde görülen tarife ve biletleme sisteminin farklı sistemlerde aynı olması Ankara'da da mevcuttur. Kentte bulunan üç ayrı raylı sistemin tek bir bilet tarifi ve biletleme sistemi ile kullanılması olumlu karşılanmaktadır. Ayrıca raylı sistemlerinden çıktıktan sonra motorlu taşıtlar ile aktarma yapılmak suretiyle, indirimli şekilde ulaşımın sağlanmasına olanak tanınmaktadır.

Büyük kentlerde günden güne artan nüfus yoğunluğu, birçok soruna gebe olduğu gibi, bunların en önemlileri arasında da ulaşım hizmetlerinin aksaması gelmektedir. Her gün trafiğe dahil olan binlerce motorlu taşıt, çevre kirliliği, görüntü kirliliği, gürültü kirliliği gibi olumsuzlukları beraberinde getirmektedir. Büyükşehirlerin en önemli sorunları arasında sayılan trafik yoğunluğu, her ne kadar çözümü imkânsız görülse de alınacak tedbirlerle hafifletilebilecektir. Toplu taşımacılığın gelişmesi de bu olumsuzlukları azaltmada önemli bir etmendir.

Dünyada uzun yıllardır kullanılmakta olan kent içi taşımacılıkta raylı sistemlerin, ülkemizde de öncelikli uygulanacak projeler arasında yer alması gerekmektedir. Dünyadaki örnekler göstermektedir ki, milyonlarca insanın yaşadığı kentlerde, ulaşımın karayolu üzerinden motorlu taşıtlarla yapılması kentteki yaşamı olumsuz etkilemekte, buna çözüm olarak da raylı sistemler geliştirilmektedir. Genel olarak raylı sistemlerin kendilerine ayrılan özel yollarda hareket etmesi, hatta birçoğunun yer altında hizmet vermesi, insanların fiilen yoğunluğa dahil olmasına engel olmaktadır.

KAYNAKLAR

Ankara Metrosu (2019), www.ankarametrosu.com.tr

Anlağan, M. A. (2015). Kentiçi raylı sistem hatlarının entegrasyonu: Kirazlı-Başakşehir-Olimpiyat metro hattının değerlendirilmesi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, yayımlanmamış yüksek lisans tezi, İstanbul

Arılı, V. (2010). Kent İçi Raylı Sistemler, http://www.emo.org.tr/ekler/2c1c8c7efa8da3f_ek.pdf?dergi=629

Baştürk, G. (2014). *Kent içi raylı toplu taşıma sistemleri incelemesi ve dünya örnekleri ile karşılaştırılması, Yayımlanmamış ulaştırma ve haberleşme uzmanlığı tezi.* Ankara.

berlin.de (2018, 12 10). berlin.de: <https://www.berlin.de/en/public-transportation/1746751-2913840-sbahn.en.html> adresinden alınmıştır

bvg.de (2018). www.bvg.de: https://www.bvg.de/images/content/unternehmen/medien/Zahlenspiegel_2018.pdf adresinden alınmıştır

bvg.de (2019). shop.bvg.de: https://shop.bvg.de/uploads/files/Tarifinformationen___Preise_ab_1._Januar_2019.pdf adresinden alınmıştır

Cirit, F. (2014). *Sürdürülebilir Kent İçi Ulaşım Politikaları ve Toplu Taşıma Sistemlerinin Karşılaştırılması*. Ankara: Kalkınma Bakanlığı Yayın No: 2891.

Çubuk, M. K., ve Türkmen, M. (2003). Ankara'da raylı ulaşım. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fak. Dergisi*, 125-144.

Hamurcu, M., ve Eren, T. (2017). International Conference on Advanced Engineering Technologies. *International Conference on Advanced Engineering Technologies*.

Keskin, D. (2013), Kent içi raylı sistemlerde elektromekanik sistemlerin yatırım maliyetleri, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Londonpass (2019). www.londonpass.com: https://www.londonpass.com/london-transport/?aid=693&utm_medium=search&utm_source=googleLNP&utm_adcampaigngroup=LNP&matchtype=p&utm_term=transport%20for%20london&utm_creative=232249915816&adisttype=g&KPID=go_cmp-747710828_adg-47587576028_ad-232249915816 adresinden alınmıştır

Londontoolkit (2019). <https://www.londontoolkit.com>: <https://www.londontoolkit.com/briefing/underground.htm> adresinden alınmıştır

LondonTube (2019). www.tfl.gov.uk: <https://tfl.gov.uk/modes/tube/> adresinden alınmıştır

Londra Metrosu (2019). tfl.gov.uk: <https://tfl.gov.uk/corporate/about-tfl/what-we-do/london-underground/facts-and-figures> adresinden alınmıştır

Öğüt, K. S., & Evren, G. (2006). Türkiye'de Kentsel Raylı Sistemlerin Gerekliliği ve Uygulamada Dikkat Edilecek Konular. *Uluslararası Demiryolu Sempozyumu*.

Paris Metrosu (2019). <http://www.pariste.net>: <http://www.pariste.net/pariste-ulasim-8-biletler-ve-ulasim-kartlari/> adresinden alınmıştır

sbahn.berlin (2018, 11 22). sbahn: <https://sbahn.berlin/liniennetz/> adresinden alınmıştır.

Tutan, A. (2016). Kent İçi Raylı Sistemlerde Müşteri Memnuniyetinin Tespiti; İstanbul Metrolarını Kullanan Yolcular Üzerinde Bir Uygulama, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü yayımlanmamış yüksek lisans tezi, İstanbul.

wikiroutes (2019). <https://wikiroutes.info>: <https://wikiroutes.info/en/berlin?routes=14629> adresinden alınmıştır

MİMARİ ESTETİK: GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE BEĞENİ & TASARIM UNSURLARI VE ALGI İLİŞKİSİ

Sibel Demirarslan, Dr. Öğr. Üyesi

KOÜ KMYO İnşaat Teknolojisi

ÖZET

Estetik kavramı, güzel ve çirkin algılarının kültürel, çevresel, bireysel girdilerin süzgecinden geçerek ortaya çıkan görece değişken bir içeriğe sahiptir. Duyular aracılığı ile algılama anlamındaki aisthanomai sözcüğünden gelen estetik, Türk Dil Kurumu sözlüğünde “ Sanatsal yaratımın genel yasalarıyla sanatta ve hayatta güzelliğin kuramsal bilimi, güzel duyu, Güzellik duygusuna uygun olan, Güzelliği ve güzelliğin insan belleğindeki ve duygularındaki etkilerini konu olarak ele alan felsefe kolu, güzel duyu” gibi ifadelerle açıklanmaktadır. Tanımda estetiğin, güzelin yanında yer aldığı görülmektedir. İnsanlığın varoluşu ile birlikte felsefenin de bir alanı olarak gündemde olmuştur.

Estetik kavramının içeriği, nerede aranıldığına bağlı olarak nasıl aranacağı konusunda değişiklik gösterebilir. Bu çalışmada mimarlık alanı ele alınacaktır. Mimarlığın bir yanı sanat, diğer yanı mühendislik bilimleri ile ilişkilidir. Mimaride estetik, tasarımın işlevsel çözümünde, iç mekân düzenlemesinde, cephe düzenlemesinde, oran/orantı ilişkisinde, çevre ile uyumunda veya popüler bir beğenin karşılansında sunulabilir. Bu uygulamalar iç mekân, bina veya kent ölçeğinde gerçekleştirilmiş olabilir. Tasarımda proporsiyon /oran estetikle doğrudan ilişkilidir. Gerek tarihsel süreç içerisinde ve gerekse günümüzde bezemeler, süslemeler ile estetik çözümler üretme yoluna gidildiği izlenmektedir. İnsanın daima güzeli araması, farklı medeniyetlerde değişik uygulamalar ile çözümler üretilmesine neden olmuş, bazen bir mimari akım estetiğin adresi oluvermiştir.

Günümüz için estetik algıları etkileyen unsurlar değişme göstermektedir. Endüstri devrimi, teknolojik ilerlemeler ve küreselleşen dünyada farklı kültürlerarası etkileşimler ile beğeni kriterleri hızla ve çok sık değişme meylinde. Moda olanlar beğeni sınırları içerisindeyken, bir anda tüm dengeler değişebilmektedir. Bazen bir malzeme dikkat çekmekte ve moda ürün olarak işlev, yer/zaman/mekân gibi tüm girdilerin önüne geçerek malzeme ve işlev uyumuna bakılmaksızın her yerde uygulanabilmektedir.

Bu çalışmada mimarlıkta beğeni ve estetik sonuç oluşturma çabaları; bina ve çevreye tasarım olarak yansıtılma biçimleri, uygulama sonuçları ile ele alınacaktır. Ait oldukları dönemin beğenileri etkileyişleri ve çevreye yansıtış biçimleri irdelenecektir. Günümüz mimari estetik kavramında yer alan faktörler, beğeniye etkileyen unsurlar ile sanat kavramı, estetikte moda gibi kavramlarla ele alınarak beğeni-algı-estetik kavramlarının sanat ile ilişkisi incelenerek, günümüz mimarlığının bu bağlamda bir kritiğinin yapılması da hedeflenmektedir.

Anahtar kelimeler: Estetik / Mimari / İşlev / Moda / Süsleme

ABSTRACT

The concept of aesthetics has a relatively variable content that emerges through the filter of beautiful, ugly perceptions of cultural, environmental and individual inputs. The aesthetics coming from the word aisthanomai in the sense of perception through senses, in the dictionary

of Turkish Language Institution genel With the general laws of artistic creation, the theoretical science of beauty in art and life, the beautiful sense, the philosophy of beauty, the beauty and the effects of beauty in human memory and emotions sensation ”. In the definition, aesthetics is seen to be next to the beauty. Along with the existence of humanity, it has been on the agenda as an area of philosophy.

The content of the concept of aesthetics may vary depending on where it is sought and how it is sought. In this study, the field of architecture will be discussed. One side of architecture is related to art and the other side to engineering sciences. In architecture, aesthetics can be presented in the functional solution of design, in interior arrangement, in facade arrangement, in the ratio / proportion relationship, in harmony with the environment, or in meeting a popular appreciation. These applications may be carried out on an interior, building or urban scale. Proportion / ratio in design is directly related to aesthetics. It is observed that the way to produce aesthetic solutions with decorations, ornaments both in the historical process and today. The search for a beautiful person always led to the creation of solutions with different applications in different civilizations and sometimes became the address of an aesthetic movement aesthetic.

For today, the factors affecting aesthetic perceptions are changing. With the industrial revolution, technological advances and different intercultural interactions in the globalizing world, the criteria of appreciation tend to change rapidly and frequently. While the fashion ones are within the limits of taste, all balances can change at a time. Sometimes a material attracts attention and can be applied everywhere, irrespective of material and function harmony, avoiding all inputs such as function, place / time / space as a fashion product.

In this study, taste and aesthetic results in architecture; the ways of projecting the building and the environment as a design will be discussed with the application results. The influences of the tastes of the period they belong to and their reflections on the environment will be examined. It is aimed to make a critique of contemporary architecture in this context by examining the factors in the concept of aesthetic aesthetics today, the factors affecting the appreciation and the concept of art, fashion in aesthetics, and the relation of taste-perception-aesthetic concepts with art.

Key words: Aesthetics / Architecture / Function / Fashion / Decoration

1. GİRİŞ

Yeme, içme gibi temel ihtiyaçlarını giderebilen insan, başka gereksinimleri de olduğunu da fark etmeye başlamıştır. Çünkü öncelikle karnı doyması ve barınması gerekmektedir. Dünya tarihi ve insanlık tarihi incelendiğinde, temel ihtiyaçlarını gideren insanların alet edevat yapma, yerleşik düzene geçme gibi bugünün temellerini atan gelişmeler gerçekleştirdiği bilinmektedir. İnsanlığın gelişiminin iletişimi gerektirdiği, insanların kendilerini ifade etme ihtiyacını hissettikleri anlaşılmaktadır. Mağara duvar resimleri birer iletişim aracı, etrafını anlatma ihtiyacı olmakla birlikte estetik ifade biçimleri ile birlikte birer sanat unsurudurlar. Duvar resimleri ile ilgili:

Azéma PRI'nin Dünya (The World) adlı videosunda “Bir görüntü, sonra ardışık bir görüntü ve sonra başka bir görüntü aldığımızda, retina da sonradan gelecek olanı takip eder,” diyor. Ki, ilk etapta sinemayı mümkün kılan da budur. Kafasındaki görüntüleri duvara dökme ihtiyacı duyan ilkel insan da bu konuda bir şeyler biliyordu gibi görünüyor (Marshall openculture.com/ çeviren Gencer 2016 : dusunbil.com/).



Şekil 1. 32.000 yaşındaki mağara resmi sinemanın en eski formu mu? (Marshall openculture.com/ , çeviren: Gencer 2016 dusunbil.com/)

İlk insandan bu yana insanların farklı unsurları estetik bir bakışla biçimlendirme istekleri günümüze kalan kültürel miras unsurlarında görülmektedir. Ancak, bu kendince estetik olma kavramının genel kabul anlamında nerede yer alacağı konusu filozofların da ilgisini çekmiştir. Estetik, uyum ya da tezatlıkta, benzerlik veya zıtlıkta var olabilmektedir.

2. SANAT & ESTETİK & ALGI KAVRAMI

Birbiri ile ilişkili ve görece değişken bu kavramların uyum oluşturup, beğeni alan sonuçlar oluşturabilmesinin net bir formülü bulunmamaktadır. Dönem dönem beğeni kriterlerinin kültür, akım, moda, ekonomi, eğitim, küresel etkileşim gibi nedenlere bağlı olarak değiştiği izlenmiştir ve izlenmektedir.

2.1.Sanat ve Estetik

Bourriaud estetiği “İnsanlığı öbür hayvan türlerinden ayıran bir kavram” (2005:172) olarak tanımlamaktadır. “Estetik” sağın olarak duyurunun, *duygunun* bilimini belirtir ve bu anlamda yeni bir bilim olarak ya da daha doğrusu ilk kez felsefi bir disiplin olması gereken bir şey olarak kökenini Almanya’da sanat yapıtlarının üretmeleri gereken örneğin hoşluk, hayranlık, korku, şefkat vb. duyguları gibi duygular açısından irdelendikleri bir sırada Wolff okulunda kazanmıştır (Hegel 2011:7) Hegel’in ifadelerinden, sanatın duylulara hitap ettiği ve ne şekilde olursa olsun bir duygu oluşturduğu anlaşılmaktadır.

Sanat, işaretlerin, formların, hareketlerin ya da nesnelere yardımıyla dünyada ilişkiler üretmeye yarayan bir etkinliktir (Bourriaud 2005 :177).Günümüzde sanatın algılanışı “güzel sanatlar” kavramından anlaşılmaktadır; kavram olarak estetiğin güzelden yana olduğu görülmektedir. Ancak, güzel görece bir kavramdır, bu nedenle çağlar boyu güzellik, estetik farklı yollarla aranmıştır. Örneğin, akımlar kendi estetik anlayışlarını kabul ettirdikleri oranda var olmuşlar ve kabul görmüşlerdir.

2.2.Algı

Algılama, duyuların çeşitli biçimlerde örgütlenip anlam kazanması, yorumlanmasıdır. Uyarıcılar farklı kişilerde farklı yorumlanacağı gibi; aynı kişi, aynı uyarıcılara değişik bakış açısına göre farklı biçimlerde anlamlandırabilir (Okanlı ataof.edu.tr:2)

Algıyı etkileyen faktörler bulunmaktadır. Bunlar iç ve dış etmenler olmak üzere ikiye ayrılırlar;

İç Etmenler • Duygular (korku, öfke, üzüntü, sevinç vb.) • Dürtü, güdü ve ihtiyaçlar • Psikolojik ve zihinsel durum • Algıya hazır olma • Geçmiş yaşantılar ve öğrenme • Tutum ve önyargı • Meslek ve ilgiler • Beklentiler **Dışsal Etmenler** • Fiziki çevre (ısı, ışık, sıcaklık, iklim) • Sosyal çevre (kültür).

3. MİMARİDE ESTETİK ALGI UNSURLARI

Mimarlık mesleği ve ürünü olan binalar ve yapay çevre unsurlarının, bir yanıyla sanat diğer yanı ile teknik yönü olduğu bilinmektedir.

Sanatçı, geleceğin mimarisini ve sanatını hayal ettikten sonra, bugün onları yerleştirmek üzere çözümler önerir. Modernizmin çağdaş formu çevreyle ilgilidir ve formlar konusundaki uğraş ve imgelerin kullanımı bunda çok yer tutar (Bourriaud 2005 :179).Oysa; içeriğine göre bilim kendi içinde zorunlu olan ile ilgilenir (Hegel 2011:13).

Bilim ile gidilen yolda ihtiyaçların karşılanması yeterli iken, sanat açısından istek, beklenti, beğeni gibi pek çok duygunun tatmini gerekir. İhtiyaçların giderilmesine inşaat sektöründen yollar, köprüler, viyadükler, temel gibi mühendislik yapılarının hesap ve projelendirilmesi örnek verilebilir. Sadece, malzeme, taşıyıcı sistem ve çevresel verilerin hesap sonucu elde edilen bulguları ile ortaya çıkarlar. İşlev ön plandadır. Bir tünelin yapımında estetik kaygı duyulmaz. Diğer yandan bina, çevre gibi tasarımın söz konusu olduğu mimari yapılarda estetik arayış devreye girmektedir. Özellikle de ticari amaçla yapılan tasarım ve yapımlar da yenilikçi fikirler ile öne geçmek ve satış gerçekleştirmek önemli ve gerekli görülmektedir. Ancak sonuç üründe elde edilecek estetik pek çok girdiye bağlı olarak değişmektedir.

Vitruvius, yüzyıllar öncesinden günümüze mimarlığın kendince çıkarımını /formülünü iletmiştir, bu: utilitas=yararlılık, venustas=güzellik, firmitas=sağlamlık'tan oluşmaktadır. Burada estetik bekleyiş için güzellik kavramının olmazsa olmaz olduğu görülür. (Marcus Vitruvius Pollio (M.Ö. 1. yy) Romalı yazar, mimar ve mühendistir. "Mimarlık Hakkında On Kitap" (De Architectura Libri Decem) adlı eseri ile bilinir. De Architectura Libri Decem (Mimarlık Üzerine On Kitap) adlı bu eser, mimarlığı konu alan ve günümüze denk ulaşmış en eski yazılı metin olması açısından önemlidir (gokcegokcetin.blogspot.com/ 2019))

3.1.Form

İşlev ve form birbirini takip etmektedir. İşlev/fonksiyon; o binaya ait kullanım amacını ifade eder. Bu amaç tasarımı etkileyecektir. Örneğin, Kaymakamlık, Valilik, Adliye gibi kamu binaları otorite binalarıdır. Saygınlık, ciddiyet, üst güç kavramlarının tasarımda karşılanması gerekir. Ancak, kültür merkezi, konser salonu, kütüphane gibi binalar sosyo-kültürel işleve sahiptirler. İnsanlar kendilerini rahat hissetmeli, sergilenecek eserden keyif almalıdırlar.

Bu manada her bina bir içeriğe sahiptir. İşlev binanın tasarımı sürecinde ilk belirleyici unsurdur. Ancak bu aşamada arsa/arazi verileri önemli bir girdi oluşturmaktadır. Bağlam diye de ifade edilen bu bilgiler binanın üç boyutlu halini biçimlendireceklerdir. Arazinin eğimli ya da düz olması arasında sonuç üründe çok fazla fark oluşturacağı bilinmelidir.

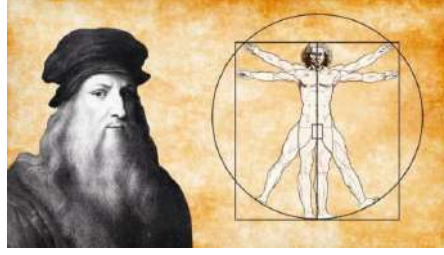
Bağlam kapsamında fiziki, coğrafi, yöresel vb. verilerin mimarın teknik bilgisi, teknolojik imkânlar ve bütçenin yan yana gelmesi ve arazinin boyutsal verileri ile harmanlanması ile binanın projelendirilmesi bir form/biçim ile sonuçlanacaktır. Bu formlardan birincisi yatay düzlemde diğerleri ise üçüncü boyutta algı unsur olacaktır.

3.2.Oran / Proporsiyon / Altın Oran / Fibonacci Sayısı

Oran, ölçüler arasındaki, uyum-denetim-gereklilik işlevlerine bağlı ilişkidir. Büyüklük, nicelik, derece bakımından, iki öge veya parça ile bütün arasında bulunan ölçüsel ilişki orandır. Oran, iki şey arasındaki, özellikle ölçüsel uygunluktur. İki veya daha fazla nicelik, büyüklük

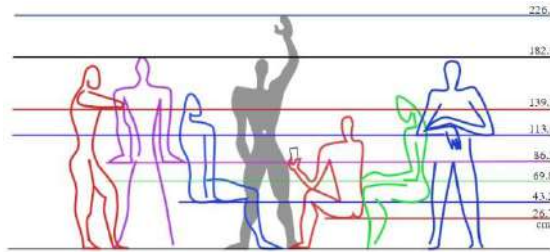
arasındaki bağıntıdır. İnsan, bilinçli veya bilinçsiz olarak, kendine göre, ölçüler arasında "oranlamalar" yaparak duyumsar, algılar (tamsanat.net/)

Altın oran, matematik ve sanatta, bir bütünün parçaları arasında gözlemlenen, uyum açısından en yetkin boyutları verdiği sanılan geometrik ve sayısal bir oran bağıntısıdır. İlk olarak kimler tarafından keşfedildiği bilinmese de, Mısırlıların ve Yunanlıların bu konu üzerinde yapmış oldukları bazı çalışmalar olduğu görülmektedir. Öklid, milattan önce 300'lü yıllarda yazdığı "elementler" adlı tezinde "ekstrem ve önemli oranda bölmek" olarak altın oranı ifade etmiştir. Mısırlıların Keops Piramidinde, Leonardo da Vinci'nin "İlahi Oran" adlı çalışmada sunduğu resimlerde kullanıldığı bilinen "altın oran", "Fibonacci Sayıları" olarak da bilinmektedir (aoder.org.tr/)



Şekil 2. Leonardo da Vinci ve Vitruvius Adamı (matematiksel.org/)

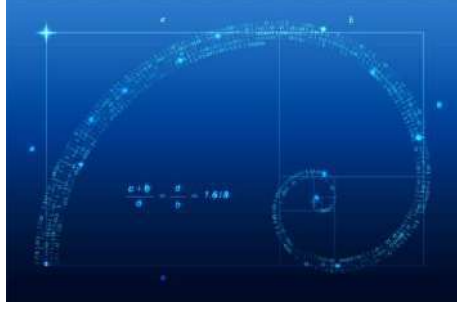
Resim iç içe geçmiş bir daire ve bir karenin ortasında, uzuvları açık ve kapalı pozisyonda üst üste gelen çıplak bir erkeği betimlemektedir. İlginç bir hikayesi olan güzel çizim, basit bir eskiz gibi görünmesine rağmen uzun yıllar boyunca pek çok matematikçiye saçlarını yoldurtan bir geometrik sorunun yanıtını gizlemektedir. Çizime eşlik eden notlara "Oranların Kanunu" ya da "İnsanın Oranı" da denilir. Çizimin önemli detayı, insan vücudunu geometrik bir şekilde yorumlamasıdır. Aynı zamanda çizimin, insan doğasına dair felsefi bir çözümleme gizlediğine inanılmaktadır (olaganustukanitlar.com/).



Şekil 3. Le Corbusier - Modulor (archdaily.com/)

Le Corbusier tarafından altın oran ve insan ölçüleri kullanılarak geliştirilmiş modül sistemi(archportal.blogspot.com/) olarak bilinen sistemde anatomi ve ergonomik ölçüler ortaya konulmuştur.

Fibonacci dizisi, her sayının kendinden öncekiyle toplanması sonucu oluşan bir sayı dizisidir. Bu şekilde devam eden bu dizide sayılar birbirleriyle oranlandığında altın oran ortaya çıkar, yani bir sayı kendisinden önceki sayıya bölüldüğünde altın orana gittikçe yaklaşan bir dizi elde edilir. Fibonacci sayı dizisindeki sayıların birbirleriyle oranı olan ve altın oran denilen 1,618 sayısı ise doğada, sanatta ve hayatın her alanında görülen ve estetik ile bağdaştırılan bir sayıdır. Ayrıca Pascal Üçgeninde de fibonacci sayı dizisi bulunmaktadır (tech-worm.com/).



Şekil 4. Altın oran / fibonacci sayı dizisi (tech-worm.com/)

Kısaca, Bir yapı ya da sanat eserinin altın orana yakınlığı, onun aynı zamanda estetik olarak güzelliğinin bir ölçüsü olarak kabul görmüştür(aoder.org.tr/).

3.3. Ritm

Sanat yapıtının kurgusu içinde, birbirini izleyen tekrarlar, değişimler, çizgi ve leke hareketliliği ile sağlanan etkiye ritm (tekrar) denir. Cisim ya da biçimlerin ölçü, biçim, renk, değer ve dokularının tam anlamıyla aynı olması, buna karşılık aralık ya da yönlerinin değişik şekilde kullanılması halidir(tamsanat.net/).

Genellikle iki etmen ritmin etkisini sağlar ve yoğunluğu saptarlar: Tekrar eden öğelerin sayısı; tekrar eden öğelerin zaman-mekan içinde sürekliliği(Kuban 2019:65).

Tekrar eden sütunlar/dikmelerle oluşturulan bir giriş veya yürüyüş yolu, aynı pencere modüllerinin cephede kullanılması ile oluşan etki, eşit aralıklarla dikilmiş ağaçlar ritim etkisi oluşturmaktadırlar. Bu etki bir estetik çağrışım oluşturabilmektedir.



Şekil 5. Edirne Üç Şerefeli Camii'nin avlu revakları, Şekil 6. Çinili Köşk giriş cephesindeki revak (Mülayim islamansiklopedisi.org.tr/revak)

3.4.Dolu Boşluk Oranı

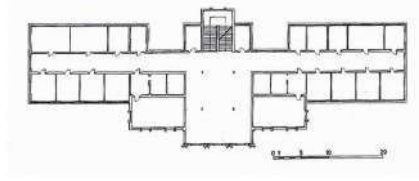
Kapalı / masif yüzeylerin açık veya şeffaf / saydam / opak / geçirgen malzemelerle oluşturulmuş yüzeyler ile aralarında var olan düzenli/düzensiz, ritmik veya karışık oranları buldukları yüzeyde bir kompozisyon oluştururlar.

3.5.Kompozisyon

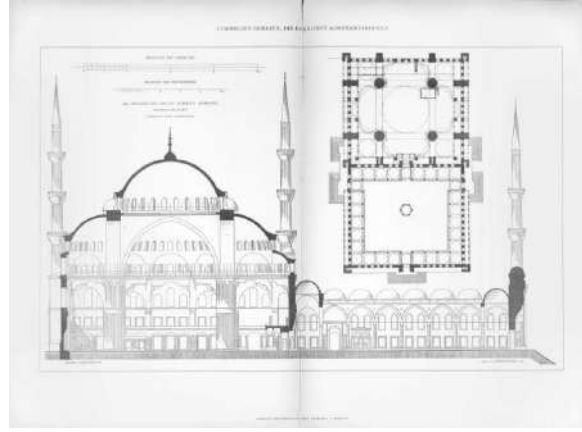
Herhangi bir tasarım sonucu ortaya çıkan ürün, estetik algılanıp algılanmayacağı bilinmese de bir kompozisyon oluşturacaktır. Kurgunun kendi içindeki tutarlılığı ile birlikte bireylerin kişilik, birikim, eğitim vd. yapısal özellikleri sonucu algısal olarak, güzel veya değil yargısına varırlar.

3.6.Simetri & Asimetri

“İsim olarak simetrisinin tanımı “iki veya daha çok şey arasında konum, biçim ve belirli bir eksene göre ölçü uygunluğu”, matematikte ise “eksen olarak anılan bir doğrudan, benzer noktaları karşılıklı olarak aynı uzaklıkta bulunan iki benzer parçanın birbirine göre olan durumu” şeklinde” (dergibursa.com.tr/)ifade edilmektedir. Simetri her zaman estetik sonuç vermeyebilir. Ancak, kamusal otorite binalarında simetrik düzenlemelerin algıları etkilediği, saygı, yaptırım ve güç gibi duyguları hissettirdiği bilinir.



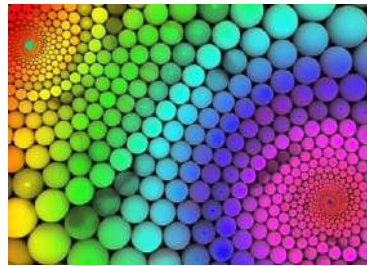
Şekil 7. Sağlık Bakanlığı 1. kat planı, 1926- 1927 yılları arasında Sıhhiye’de gerçekleştirilen yapının mimarı Theodor Jost’tur(arkitera.com/)



Şekil 8. Simetrik Uygulama (sultanahmetcamii.org/tr/)

3.7. Renk & Doku & Desen

Işığın cisimlere çarptıktan sonra yansıyarak gözümüzde bıraktığı etkiye renk denir. Renk kavramı içinde birbirinden farklı dalga boylarına sahip, kendi fiziksel sınırları içinde farklı tonlara, doygunluklara ve değerlere ulaşabilen ışın gruplarını tanımlamak gerekir. Bir rengin yansıttığı ışık miktarına göre bir “değeri”, aynı renk ailesinin değer ve doygunluk açısından ayrılan ancak yakın ilişkileri görülen derecelenmeye bağlı “tonu”, görsel şiddetine ve saflığına göre de bir “doygunluğu” söz konusudur. İnsanlarda renk duygusunun oluşması için bir cisimden yansıyan ışığın yanısıra, gelen ışık karşısında normal çalışan bir göz ve beyinde kusursuz bir görme merkezi gerekir(antalyaozelegitim.com/)



Şekil 9. (neuro-mar.com/)

Her rengi üç temel sisteme göre ayırmak ve değerlendirmek mümkündür:

1. Ton (Bir rengini aydınlık-karanlık veya beyaz-siyah karışım değerleridir)
2. Nüans (Bir rengin bir başka renkle karışım değerleridir)
3. Doygunluk (Bir rengin saflığı) (netvent.com/)

Renk, doku ve desenin boyutsal farklılıkları ile algı değişmekte; ayın tasarım estetik olarak beğeni kazanırken bir başka kombinasyonla değer görmeyebilmektedir.

3.8.Kültüre Ait Sanat Dalları

Kültür çok zor tanımlanabilen bir kavramdır. Bunu literatürde pek çok kültür tanımı yapılmasından anlamak mümkündür. Farklı alanlar tarafından konu alınan kültür, alana bağlı olarak farklı içeriklerle açıklanmaya çalışılmıştır. Antropoloji, arkeoloji, sosyoloji, psikoloji, tıp, hukuk, mimarlık, iç mimarlık gibi farklı alanların çalışma alanıdır.

Türk Dil Kurumu kültürü “tarihsel, toplumsal gelişme süreci içinde yaratılan bütün maddi ve manevi değerler ile bunları yaratmada, sonraki nesillere iletmede kullanılan, insanın doğal ve toplumsal çevresine egemenliğinin ölçüsünü gösteren araçların bütünü, hars, ekin” (sozluk.gov.tr) içeriği ile tanımlamaktadır.

Kültürel unsurlar olan; Minyatür, hat, tezhip, ebru, künde-kari, kakmacılık, revzen-i menkuş (vitray), çini gibi geleneksel el sanatları her zaman beğeni almaktadırlar. Beğenilen eserler, estetik bulunmaktadır.

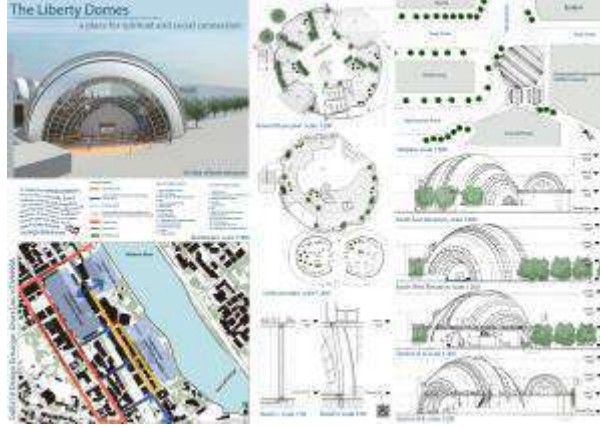
4. MİMARİDE BEĞENİ KRİTERLERİ

Güzelliğin yapı taşını oluşturan estetik kavramı Yunanca duymak, algılamak anlamına gelen “aishetitos” ve “aisthanesthai” kelimelerinden türemiştir. Estetik kavramı güzelin algılanması ile yakın ilişkide olup, güzelin yapısını irdeleyen bir bilim dalı olarak kabul görmektedir. Bir başka deyişle estetik bize arzu ve haz veren şeylerin incelenmesi ile ilgilenir ve onlara iyi, kötü, güzel, çirkin gibi sıfatlar yükler (Aytaç 2019:54) Mimari tasarımlar ve ürünü olan bina ve yapı çevrenin estetik değerlendirilmesi de güzel veya çirkin olarak değerlendirilmekte ve daha girift/karmaşık bir sisteme bağlı olmaktadır. Üstelik bir bina en az 50-60 yıl yaşamak üzere yapılmaktadır. Bu ömür anıtsal binalarda yüzyıl ötesine erişecek şekilde planlanmaktadır. Sokağa, caddeye, meydana, mahalleye cepheleri ile olumlu veya olumsuz etki yapmaktadır, kendisi o sistemin bir parçası olmaktadır. Sorumluluk büyüktür. Üstelik mevcut bir dokunun içine estetik olarak uyum sağlamak zorundadır. Uyum veya zıtlık ama mutlaka çevre farkındalığı oluşmalıdır.

4.1.Tasarım

Tasarım tanımları bakış alanlarına göre değişiklik ve çeşitlilik göstermektedir, bu tanımlardan bir kaç;

- Algı ile kavram arasında bir bağlama aracıdır. Önemli özelliklere dikkat çeken tasarımın nesnel gerçeklik ile doğrudan ilişkisi yoktur (arkhesanat.com/)
- Zihinde canlandırılan biçim, tasavvur (sozluk.gov.tr/)dur.
- Tasarım bilgi edinme ögesidir. Çünkü duyumsal tasarım ile zihinsel tasarım daima birbirini etkiler. Bu nedenle duyumsal bilgi ile ussal bilgi her zaman iç içedir. Gerçek bilgi ise böylelikle oluşur (arkhesanat.com/).



Şekil 10. Proje Paftası (graceleearchitecture.wordpress.com/)

Mimari tasarım, günlük hayatta karşımıza çıkan yapıların, mekânların, eşyaların, hatta bazen yolların ve yollardaki bitkilerin ağaçların bile belli bir kurala veya güzellik, işlevsellik algısına dayanılarak tasarlanması durumudur. Mimarlar ve farklı mesleklerden olan birçok insan mimari tasarımda yer alabilir (mimarimedya.com/).



Şekil 11. Frank Lloyd Wright Falling Water / Şelale Evi Şekil Proje
(fallingwaterwright6.weebly.com/) Şekil 12. Fotoğraf (innovationonthewalls.com/)

Mimari tasarım süreci, her mimar için farklıdır. Konuya yaklaşımların çeşitlilik ve zenginliği sayesinde farklı mimarlar, farklı tasarımlar üretirler (Anderson 2014:6). Her mimar aynı konuya farklı yaklaşacaktır. Kendi bilgi birikimi, tasarıma yaklaşım kriterleri, kullanıcıyı değerlendirışı, çevreyi analiz edişi ve akım, tema önceliği, ihtiyaç programı ve işlev şeması oluşturması ile sonuçta ortaya bir özgün tasarım çıkacaktır.



Şekil 13. Ritm, gölge, malzeme Şekil 14. Renk, dolu-boşluk (tr.3dexport.com/)

4.2.Malzeme

“Bir eserin hazırlanmasında yararlanılan bilgi ve kaynakların tamamı” ve “gereç” (sozluk.gov.tr/) açıklamaları ile tanımlanan malzeme bir tasarımı ortaya çıkartacak ana unsurdur. İşleve uygunluğu, kolay biçimlendirilebilmesi, bulunabilirliği, sürekliliği, işlenebilirliği, renk/doku/desen çeşitliliği, korunabilirliği, dayanıklılığı gibi pek çok kritere göre değerlendirilerek belirlenmesi gereklidir. Yapı ve bina için kullanılacak malzeme çeşitliliği çok fazla ve yan yana gelme durumları özellik içermektedir.

Yapı malzemesi; Her türlü yapı işlerinde veya bu işlerin herhangi bir kısmında kalıcı olarak kullanılmak üzere üretilen ve piyasaya arz edilen ve performansı yapı işlerinin temel gereklere ilişkin performansını etkileyen bütün malzemeleri veya takım malzemelerini ifade etmektedir (Yapı Malzemeleri Yönetmeliği 2013 md. 4/v) içeriği ile tanımlanmakta ve özel seçim kriterlerinin olması gerektiğine dikkat çekilmektedir.

Çağdaş mimarinin ortaya çıkışı ile birlikte dünya genelinde mimari yapılanma farklılık göstermeye başlamıştır. Kültürel etkilerinden sıyrılan mimarî yapılar, kullanılan malzemelerin de değişmesi ile ilginç bir hal almaya başlamıştır. Yani modern zaman mimarilerinde işlevsellik ve estetik görünüm birlikte sunulmaya başlandı (sierrayasamkent.com/) denilebilir.

4.3.Mimari Akımlar

Kelime anlamı olarak “Sanatta, siyasette, düşünce hayatında ortaya çıkan yeni bir görüş, yöntem, hareket, cereyan, tarz” (sozluk.gov.tr/) olarak tanımlanan *akım* terimi mimarlıkta da kullanılmıştır. Belli tasarım kriterlerine, değerlendirme ölçütlerine sahip olan ve bunların gerçekleştirilmesi ile o akıma uygun sonuçlar alınan projelendirme ve inşaat süreçlerinde bu akımları takip edenler tarafından sonuçlar her zaman estetik bulunmuş ve beğeni almışlardır. Arts&Crafts - Sanatlar ve zanaatlar, Fütürizm, neo-plastisizm, purizm, fonksiyonalizm, organik mimarlık, blob akımı, de stijl, art nouveau, Rönesans, rokoko, barok, bauhaus gibi akımlar gerek uygulandığı dönemlerde gerekse zamansız olarak estetik bulunmakta ve beğenilmektedirler.



Şekil 15. Mimar Kemalettin, Tayyare Apartmanları, Laleli (1922) (e-skop.com/)
Şekil 16. Bauhaus (Bilgin yapidergisi.com/)

Her dönemin mimarisinde öne çıkan, estetik bulunan örnekler olmaktadır. Bu binalardan olan Tayyare apartmanları şekilde görülmektedir.



Şekil 17. Dolmabahçe Sarayı, barok dışında Türk rokoku ve İngiliz neo klasisizmi gibi mimari akımların da etkilerini taşıyor (egeyapi.com/)



Şekil 18. Gotik mimari (harthipo.com/) Şekil 19. Blob akımı (hayatgibi.com/)

Literatürde yer edinen ve örnek binaları olan akımlar, kendi dönemlerinde verdiği mesajlarla beğenilmiş, estetik bulunmuş ve zamansız olma özelliğine erişmişlerdir. Örneğin, blob akımı “Eğrisel düzlemler, akışkan yüzeyler, organik formlar... Mimarlar dijital tasarım olanaklarıyla yapısal çevreyi dik açılardan kurtarıyor!” cümlesi ile özetlenmektedir. Burada teknolojik gelişmelerin çevreyi etkilediği ve kabul görüldüğü izlenmektedir.

4.4.Modu & Stil

Modu kelimesi latince “hemen şimdi” kelimesine gelen “modo”dan türetilmiştir. İtalyancada ise değişiklik gereksinimi ve geçici yenilik anlamlarını taşır. Türk Dil Kurumu’na göre ise “Göreneğe bakarak daha kısa süreli olan, çabuk değişebilen, öykünme yoluyla yayılan geçici davranış, giyim ve yaşama biçimi”dir. Modu kelimesini duyduğumuzda aklımıza genelde stil ve giyim gelir fakat modu yaşamın çoğu alanında görülebilecek kadar geniş bir kavramdır. Sanat, mimari, edebiyat gibi alanları da içine alır (uplifers.com/)

Ekonomi, siyaset, kültür, yaşam biçimi, yabancı kültürlerle öykünme, popüler olmuş örnekleri taklit arzusu, iyi bir tanıtım, modu olanı kullanma isteği gibi pek çok unsur kullanıcıları etkilemektedir. Bu bir yemek, giysi, renk, desen veya bir doku olabilir. Örneğin, mor rengin bir dönemde öne çıkması, leopar desenin yaygın kullanım gibi mimari ürünlerde ahşap dokusunun modu olması ya da akaju ağacının renk ve dokusunun birden bire yaygın kullanılması modaya bağlı unsurlardır. Mimaride kromaj/nikelaj kaplı, alüminyum korkuluk ve küpeşterler, ahşap görüntülü pvc doğrama ya da ahşap görüntülü kompozit panel arası altın yıldız görüntülü derz dolgu malzemesi birden bire yaygın olarak kullanılabilir.

Mahremiyet unsurunun kültürün bir parçası olduğu ülkemizde yere kadar uzanan Fransız balkonlarla bezenen yeni yapılarda modanın etkisi tartışılmaz bir öge olarak izlenmektedir.



Şekil 20, 21. Fransız Balkon ve Alüminyum Korkuluk ve Küpeşte (yapisan.org/tr/)

5. Değerlendirme ve Sonuç

Estetik algı, ihtiyaçlardan sonra ortaya çıkan bir durumdur. Birey öncelik olarak yaşama dair temel ihtiyaçlarını sonrasında da estetik zevklerini belirler. Mimari tasarımlar da bu algıdan yola çıkılarak gelişmiştir. Barınma ihtiyacının karşılanması güdüsünün ardından, görsel anlamda da farklılığa başvurulmuştur. Mimari tasarımlar, bireysel olduğu gibi kültürel detayları da barındırmaktadır. Söz gelimi bir toplumun geçmişte yaşadığı önemli olaylar, savaşlar ya da zaferler, o toplumun mimari algısını da etkilemektedir (sierrayasamkent.com/)

Mimaride, estetik ve güzellik kavramının hissedilebilmesi ve hissettirilebilmesi bir takım kuralların sağlanmasına bağlıdır. Bunlar;

- Kullanıcı profili: Eğitim, kültür, sosyal, çevresel, sanat, teknik vb. birikimleri ile birlikte kişilik yapısı, ilgi alanları gibi pek çok girdi ile elde edilen yapıya bağlıdır.
- Doğru teknik bilgilerin kullanılması
- Toplumca kabul gören beğeni unsurları
- Moda unsurlar
- Popülerlik
- Doğru kombinasyonlar
- Oran/orantı
- Simetri/asimetri gibi beğeniyi oluşturacak uygulamaların karşılık bulmasına bağlıdır.

Doğaya bakıldığında altın oran ölçülerinin beğeni kazanan ölçülere vardığı görülmektedir.

Mimari tasarımlarda boyutsal verilerin arasındaki oransal ilişkiyi doğru oluşturabilmenin projenin estetik algılanmasına neden olacağı ve projeye değer katacağı unutulmamalıdır. Genişlik, yükseklik, derinlik gibi üç boyuttaki ilişkiler ile cephelerde izlenen iki boyutlu ilişkiler arasında doğru ölçüler belirlemek ile birlikte uygun malzeme seçimi, kent ile ilişkisi, mevcut yapılaşmaya uyumu, kaplamalarda renk/doku/desen seçimleri estetik algıyı oluşturacaktır.

Sonuç olarak; estetik kavramının güzelden yana olduğu ama güzeli etkileyen pek çok değişkenin bulunduğu ve kime göre?, neye göre? güzel kavramının başta felsefeciler olmak üzere her mesleğin felsefesine gönül verenlerce tartışılmaya devam edileceği açıktır. Aslında güzeli aramanın kalite kavramının özü olan “sıfır hata”ya erişme hedefi ve sıfır hatanın yani hatasızlığın da hiçbir zaman mümkün olmayacağı gerçeği ile örtüştüğü söylenebilir. Estetik olan, güzel olan veya hatasız olan ütopya olarak kalacak, insanlar estetik olanı kendi doğrularınca aramaya devam edeceklerdir.

KAYNAKÇA

- Anderson, J.**,(2014), *Mimari Tasarım*, ISBN 978-975-04-0597-6, Literatür Yayınevi, İstanbul.
- Aytaç, İ.**,(2019), Harput İç Kale Sakinlerinin Görsel Estetiğe Yaklaşımı, Aktüel Arkeoloji Eylül-Ekim 2019 Sayı 71, s.54- 57.
- Bourriaud,N.**, (2005), *İlişkisel Estetik*, Çeviren: Saadet Özen, ISBN 975-8803-33-6 , Bağlam Yayıncılık, İstanbul
- Hegel** (2011), *Hegel Estetiğe Giriş- Estetik Üzerine Dersler/Giriş*,Çeviren Yardımlı,A., İdea Yayınevi, İstanbul
- Kuban. D.**,(2019), *Mimarlık Kavramları*, ISBN 978-605-81366-6-3, YEM Yayın, İstanbul
- Mülayim, S.**, Revak, <https://islamansiklopedisi.org.tr/revak>
- Okanlı, A.**, *Duyum Ve Algı Kavramları*, Çocuk Psikolojisi Ve Ruh Sağlığı Bölüm 3, <https://www.ataaof.edu.tr/Dosyalar/CocukPsikolojisiVeRuhSagligi.pdf>
- Yapı Malzemeleri Yönetmeliği**, 10 Temmuz 2013, Sayı: 28703, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
- URL KAYNAKÇA**
- <http://www.antalyaozelegitim.com/blog/cocuk-gelisimi/renk-almi-ve-psikoloji.html>
- <https://www.archdaily.com/902597/on-the-dislocation-of-the-body-in-architecture-le-corbusiers-modulor>
- <http://archiportal.blogspot.com/>
- <https://www.arkhesanat.com/tasarim-nedir/>
- <https://www.arkitera.com/haber/gecmisin-modern-mimarisi-ankara-2/>
- <https://www.arthipo.com/artblog/sanat-tarihi/gotik-sanat-nedir-gotik-sanat-eserleri-ve-ozellikleri.html>
- <http://www.aoder.org.tr/tr/altin-oran/36.aspx>
- <http://www.dergibursa.com.tr/mukemmel-esitlik/>
- <https://dusunbil.com/32-000-yasindaki-magara-resmi-sinemanin-en-eski-formu-mu/>
- <https://www.egeyapi.com/>
- <http://e-skop.com/>
- <https://gokcegokcetin.blogspot.com/2019/10/marcus-vitruvius-polliokimdir-marcus.html>
- 13.Ekim.2019
- <https://fallingwaterwright6.weebly.com/>
- <https://graceleearchitecture.wordpress.com/>
- <http://www.hayatgibi.com/nedir/blob-akimi.html>
- <https://innovationonthewalls.com/>
- <https://www.matematiksel.org/da-vincinin-vitruvius-adaminin-ardindaki-matematik/>
- <https://www.mimarimedya.com/mimari-tasarim-nedir/>
- <https://netvent.com/gorsel-algilamada-renk-olgusu/>
- <https://www.neuro-mar.com/renklerin-psikolojisi-ve-almi-uzerine-etkisi/>
- <http://www.olaganustukanitlar.com/vitruvius-adamin-hikayesi/>
- <http://www.openculture.com/2016/07/was-a-32000-year-old-cave-painting-the-earliest-form-of-cinema.html>
- <https://www.sierrayasamkent.com/blog/farkli-ulkelerden-ilmimari-ornekler/>
- <https://sozluk.gov.tr/?kelime=>
- <http://www.sultanahmetcamii.org/tr/yapi-ve-formu/>
- <http://tamsanat.net/>
- <https://www.tech-worm.com/fibonacci-dizisi-nedir-nerelerde-kullanilir/>
- <https://tr.3dexport.com/>
- <https://www.uplifers.com/moda-nedir-nasil-ortaya-cikmistir/>

<http://www.yapisan.org/tr/uygulamalarimiz/korkuluk-kupeste-sistemleri/aluminyum-korkuluk-kupeste/aluminyum-balkon-korkuluklari/aluminyum-fransiz-balkon-korkulugu>
<https://yapidergisi.com/modern-tasarimin-bos-gostereni-bauhaus-100-yasinda/>

BİR MALZEME OLARAK CAM: MİMARİ TASARIM VE MEKÂNDA KULLANIM ALANLARI

Sibel Demirarslan, Dr. Öğr. Üyesi

KOÜ KMYO İnşaat Teknolojisi

ÖZET

Camın antikçağdan bu güne var olduğu söylenen en eski tarihli malzemelerdendir. Erken dönem camlarının çoğunlukla boncuk olarak kullanıldığı görülür. Bunun yanı sıra mühür, küçük objeler gibi ürünlerde de kullanılmıştır. Daha sonraları mozaik yapımı ile karşılaşılır.

Bugün teknolojinin üzerinde çalışmaya devam ettiği ve geniş yelpazede kullanım alanının bulunduğu cam, inşaat sektöründe de yaygın kullanıma sahiptir. İşlevsel çeşitliliği fazla, ürünler çoktur. Takıdan çay bardağına, tencereden pencere camına, kurşungeçirmez camdan, döşeme camına kadar farklı alanlarda cam kullanımına rastlarken hammadde olarak da camın kullanıldığı ürünler de sektörde kendilerini göstermektedirler. Hammaddesinin doğal olması, geri dönüştürülebilirlik özelliği, sürdürülebilir bir malzeme oluşu, şeffaflık, saydamlık özellikleri ile zengin bir işlevlendirme özelliğine sahip olduğu söylenebilir. İnce yapı ve kaba yapıda kullanılabilen cam, yalıtım içinde doğru ürünlerle verimli sonuçlar sağlamaktadır. Cam liflerinin işlenmesi ile teknik tekstil / cam lifli kumaş üretimi, cam yünü, cam tülü gibi farklı alanlarda hammadde veya yarı mamul, mamul olarak kullanıma sahip olan ürünler ile birlikte kentte landmark oluşturan seyir terasları ya da bir binada prestij sağlayan cam döşemeler, cam basamaklar, cam bölücü duvarlar tasarımcı için zengin öğelerdir.

Bir malzemede var olması beklenen, işlevsellik, estetik, kolay bulunabilme, kolay biçimlendirilebilme, kolay işlenebilme, istenilen formun verilebilmesi için gerekli teknolojinin varlığı camda fazlasıyla bulunmaktadır.

İnsanlara sağlıklı, huzurlu, mutlu, konforlu yaşamlar sunmayı hedefleyen mimarlık alanı, gerek tasarım gerekse inşaat ve icraat yönü ile gerçekçi çabalar ortaya koymaya çalışır. Bu bağlamda doğru zaman, doğru yer, doğru malzemenin bir arada kullanılması ve kullanıcıya uygun olması, bir anlamının olması hedeflenir. Cam mimarı ve mimarlık işlerini pek çok açıdan doyurur. Tarihten günümüze var olan cam, teknoloji ile yoğrulmakta, işlenmekte, süslenmekte ve biçimlendirilmektedir. Bu çalışmada dünün, bugünün ve yarının malzemesi olan camın mimarlık yapılarında, tasarımlarda, kentlerde kullanımının ne kadar zengin bir çeşitliliğe sahip olduğunun ortaya konulması hedeflenmektedir.

Anahtar kelimeler: Cam / İnşaat Sektörü / Mimari / Tasarım / İşlev

ABSTRACT

Glass is one of the oldest dated materials that are said to have existed from antiquity to this day. It is seen that early glasses are mostly used as beads. It is also used in products such as seals and small objects. Later, mosaic production is encountered.

Today, glass continues to work on technology and has a wide range of uses, and is widely used in the construction sector. More than functional variety, products are many. While the use of glass in different fields ranging from jewelry to tea glass, pot to window glass, lead-proof glass, floor glass, the products that use glass as raw material also show themselves in the sector. It can be said that it has a rich functional feature with its raw material being natural, recyclable, being a sustainable material, light transmittance, transparency. The glass

which can be used in fine structure and rough structure provides efficient results with the right products in insulation. Processing of glass fibers and technical textiles / glass fiber fabric production, glass wool, glass tulle in different areas such as raw materials or semi-finished products, products with the use of the city as a landmark or terraces forming a landmark building, prestige glass flooring, glass steps, glass divider walls are rich items for designer.

The existence of the technology required to be present in a material, functionality, aesthetics, easy to find, easy to be shaped, easy to be processed and to give the desired form, is very much in the glass.

Aiming to provide healthy, peaceful, happy and comfortable lives to people, the architecture field tries to make realistic efforts with both design and construction and performance aspects. In this context, it is aimed to have the right time, the right place, the right material to be used together and to be suitable for the user and to have a meaning. It satisfies many aspects of glass architecture and architectural works. Glass, which has existed since history, is kneaded, processed, decorated and shaped with technology. In this study, it is aimed to reveal how rich the variety of glass, which is the material of yesterday, today and tomorrow, is used in architectural structures, designs and cities.

Keywords: Glass / Construction Sector / Architecture / Design / Function

1. GİRİŞ

Malzeme bir tasarımın en önemli unsuru, yönlendiricisi ve belirleyicisidir. Doğru ve yerinde kullanılan malzemeler başarılı, uzun ömürlü ürünler ortaya çıkarırlar. Uygun olmayan malzeme ile üretimi gerçekleştirebilmek dahi mümkün olmayabilir. Malzemeler doğal, yapay olmak üzere genel olarak iki ana gruba ayrılmalarına karşın günümüzde teknolojik malzemeler de yapay malzemeler içerisinde ayrı bir sınıf oluşturmaktadırlar. Bu malzemelerin seçim ölçütleri yöresel olma, kolay bulunabilme, kolay işlenebilme, biçimlendirilebilme, ekonomik olması gibi genel ve moda gibi etkileşim esaslı olabilmektedir. Günümüzde konuşulan bir başka çok önemli değerlendirme kriteri ise sürdürülebilir olma durumudur. Dünya enerji kaynaklarının hızla tüketildiği günümüzde malzemenin az enerji ile üretilmesi, işlenebilmesi ve geri dönüştürülebilir olması tercih edilme nedenidir. Cam doğal malzemelerden üretilmiş, saydam olma özelliği ile dikkat çekmiş ve kullanım alanı çok yaygın olan bir malzemedir.

Cam, dünyanın en eski ve olgun malzemelerinden biri olmasına karşın, olağanüstü özellikleri ile geleceğin dünyasında da insanlığa hizmet etmeyi sürdüreceğini ortaya koymaktadır (TOBB 2012:5). Geçmişin, bugünün ve geleceğin malzemesi olduğu söylenebilir.

Dünya yıllık cam üretim kapasitesinin miktar olarak yaklaşık 180 milyon ton, değer olarak da 130 - 140 milyar dolar düzeyinde olduğu tahmin edilmektedir. Dünya cam sektörü küresel ekonomideki gelişmelere bağlı olarak yıllık ortalama %2-4 arasında büyümektedir. Bunun %53'ü cam ambalaj, %29'u düzcam, %5'i cam ev eşyası, %2'si Cam lifi ve %11'i de diğer ürünlere aittir (TC Ekonomi Bakanlığı: 3) Anlaşılacağı üzere cama talep bitmemekte ve artış göstermektedir.

2. MALZEME OLARAK CAM

Silisli kumun potas veya soda, kireç ve bazen daha başka katkı maddeleriyle birlikte eritilmesiyle elde edilir. Erimiş haldeyken (1500-1600 °C) akıcı olup daha düşük ısıda (1100-1200 °C) kolayca şekillendirilebilme özelliğine sahiptir. Tamamen soğuduğunda ise çok sert ve kırılabilir bir yapı kazanır. Sunî camın tabiatındaki karşılığı kaya kristali ve obsidyen olarak

görülür. Parlak siyah renkli volkanik bir madde olan obsidyen Neolitik çağda ok ve mızrak ucu gibi aletlerin yapımında kullanılmıştır. Kaya kristali ise hemen hemen renksiz ve yarı saydamdır. Tamamen renksiz ve tam saydam olan en kaliteli türüne nefes denir; nefes çağlar boyunca cam yapımcıları için ilham kaynağı olmuş ve taklit edilmiştir (Özgümüş s.38, islamansiklopedisi.org.tr/). Günümüzde teknik ve teknolojik olanaklar, cam üretimini geliştirmiştir. Camın farklı alanlarda kullanımını arttırabilmek için, malzemeden kaynaklı zayıflıkların minimize edilmesi veya tamamen giderilmesi çalışmaları ve çabaları yeni ürünlerin piyasaya çıkması ile sonuç bulmaktadır.

Cam sektörü, ürünleriyle otomotiv, inşaat, beyaz eşya, gıda, meşrubat, ilaç, kozmetik, turizm gibi birçok sektöre girdi veren sanayi alanlarından biri olup sağladığı istihdam, üretim ve ihracat ile ulusal ekonomimiz için çok önemli bir konuma sahiptir. Yüksek sabit sermaye yatırımı gerektiren cam sanayisinde enerji kullanımını da yoğunur. Ölçek ekonomileri, yüksek kapasite ile çalışma zorunluluğu yaratmaktadır. Cam üretiminin izabe (eritme) teknolojisine dayalı olması, cam fırınlarının sürekli olarak faaliyette ve üretimin kesintisiz olmasını gerektirmektedir. Bu kesintisiz üretim ihtiyacı cam sanayiini hassas ve gözetilmesi gereken bir sektör kılmaktadır (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı: 3).

2.1. Tarihçe

Cam yapımı, büyük olasılıkla M.Ö 3. bin sonlarına doğru Bronz Çağ'da keşfedilmiştir. Arkeolojik kanıtlar, bu keşfin Mezopotamya'da meydana gelmiş olduğunu ortaya koymaktadır. Bu keşif, hiç şüphesiz, yöre boncuklarında, duvar fayanslarında, seramiklerde ve diğer nesnelere kullanılmış cam gibi sır üretimi sonucunda ortaya çıkmıştır. Bu erken dönemde cam, yarı değerli ve değerli taşlara alternatif olarak üretilmiştir. Bu nedenle, hemen hemen tüm erken dönem camları şeffaf değildir ve oldukça parlak renklerde üretilmişleridir. Cam her ne kadar bu dönemde silindirik mühür, çubuk, bazı küçük objelerin üretiminde ve kakma olarak kullanılmışsa da, en çok boncuk üretiminde kullanılmıştır. Tüm erken dönem boyunca, cam soğukken işlenmiş ve taşçılar tarafından kullanılan tekniklerle kesilmiştir(kvmgm.ktb.gov.tr/).

Hıristiyanlık döneminde, cam artık pencerelerde kullanılmaya başlamıştı. Ayrıca, boruyla üflenerek camın şekillendirilmesi, Hıristiyanlığın ilk dönemlerine ait bir uygulamadır (camsiseambalaj.com/).



Şekil 1. Geleneksel Mimari Kültür Mirasımız: Vitray / Revzen-i Menkuş Cam Uygulamaları (Günay 2006:230)

Büyük ebatlı cam üretiminin mümkün olmadığı dönemlerde özel katkılar ile renklendirilen camların küçük ebatlarda bir puzzle gibi, tasarlanan bir resmi oluşturacak şekilde kurşun malzeme ile birleştirilmesi esasına dayanan vitray ile alçı ile birleştirilen revzen-i menkuş cam sanatı, cam resmi olarak da anılmaktadırlar. Kiliselerde dinle ilgili insan dâhil çeşitli figürlerin camlara yansıtıldığı izlenirken, camilerde doğa figürlerinin kullanıldığı görülür.

Camlardan süzülen günışığının içeride oluşturduğu farklı görüntüler ayrı bir görsel şölen sunarlar.

Türk tarihinde ise camcılığın yeri çok büyüktür. Yapılan kazı araştırmalarında Selçuklular ve Artuklular dönemine ait cam işleri bulunmuştur. Bu cam işlerinden bazıları Diyarbakır'da ki Artuk sarayına aittir. Bulunan cismin şekil ve yapısı incelendiğinde eserin mozaik cam küplerden oluşmuş bir ejder figürü olduğu anlaşılmıştır. Selçuklu devletinin aynı zamanda başkenti olan Konya'da ki Kubadabad sarayında ise fil gözü denilen bombeli kadeh ve tabak benzeri bir cam eşya çıkartılmıştır. Osmanlı İmparatorluğu'nda camcılık devlet tarafından desteklenen ve bu sebeple çok ileri olan bir kurumdur. Bu sebeple cam yapım evleri İstanbul'un belli yerlerine toplanmış ve üretim bu yerlerde özel yerlerden getirilen kumlarla yapılmıştır. 19. Yüzyılda ise meslek zirveye çıkmış ve Avrupa'da ki Opal cam yapım tekniğini öğrenen Derviş Mehmet Dede sayesinde camcılık ülkemizde o dönemler üst düzeye gelmiştir (camsiseambalaj.com/).

Osmanlı'nın son dönemlerinden bu yana, camdan üretilen eserler sanat dünyasına kazandırılmıştır. Buna verebileceğimiz en iyi örnek şüphesiz ki "Çeşm-i Bülbül" olacaktır. "Çeşm-i Bülbül", farsça kökenli bir sözcük öbeği olup, Türkçede "Bülbül Gözü" anlamına gelir. Bu ismi; ışığa tutulup çevrildiğinde, göze yakınlaştırıp uzaklaştırıldığında ortaya çıkan bülbül gözüne benzer harelardan almıştır (sanatkaravani.com/).



Şekil 2. Çeşmi bülbül (sanatkaravani.com/).

Türkiye'de; Kurtuluş Savaşı sonrası genç Cumhuriyet'in ilk sınaî girişimlerinden biri cam sanayinin kurulması olmuştur. 1933'de hazırlanan Birinci Beş Yıllık Sanayi Planı cam sanayinin kuruluşunu öngörmekteydi. Aralık 1933'de Başbakanlık için hazırlanan bir raporun seramik endüstrisi ile ilgili bölümünde cam sanayisinde modern endüstrinin gerekleri anlatılmakta, hammadde tedariki, talep ve kapasiteler değerlendirilmektedir. Raporda ilk aşamada 3.000 ton/yıl kapasiteli bir şişe ve bardak üretiminin, daha sonraki yıllarda da 2.000 ton/yıl kapasiteli bir pencere camı üretiminin devreye alınması tavsiye edilmektedir. Cumhuriyet Hükümeti 1934 yılında çıkardığı bir kararname ile İş Bankası'na Türkiye'de cam sanayisini kurma görevini verir. (Kuban 2018:12)

2.2.Cam Üretimi

Doğa da bulunan ilk cam obsidyendir. "Obsidyen, volkan camı olarak bilinen, doğal yollarla oluşan, volkanik kökenli bir kayadır. Yanardağ lavlarının hızlı bir şekilde soğumasıyla oluşur. Kristalleşme gerçekleşmeden donduğundan kenarları ince ve keskin bir yapıya sahiptir. Bu özelliği nedeniyle eski uygarlıklar ve yerliler tarafından silah, süs eşyası

yapımında kullanılmıştır. Maya Uygarlığının obsidiyeni ayna yapımında kullandığı bilinmektedir” (bilgiustam.com/).



Şekil 3. Bölgenin volkanik yapısı nedeniyle **Aşıklıhöyük**’te çok sayıda Obsidiyen (volkanik cam) alet bulunmuştur. Yerleşimciler, obsidiyen’den üretilen alet ve silahları Ortadoğu’daki ve Anadolu’daki diğer höyükler ile alışverişte kullanmışlardır(anadoluyugarliklari.com/)

Bugün kullanılmakta olan cam üretme teknikleri, Antik Dönemden beri bilinmekte ve kullanılmaktadır. Cam üretiminde kullanılan aletlerde de, cam üfleme tekniğinin bulunmasından beri geçen süre içerisinde önemli bir değişiklik olmamıştır. Yalnızca fırınlarda, kimyada ve toptan üretim motorlarında teknik gelişmeler olmuştur. Üretim tekniklerinde meydana gelen ilerlemelerin çoğu ise, endüstri devrimi sonucunda ortaya çıkmıştır. Örneğin mekanik presleme, asitle aşındırma ve kum püskürterek temizleme yöntemleri son iki yüzyıl içinde gelişmiş yöntemlerdir(kvmgm.ktb.gov.tr/). Camın üretilmesinde iki önemli keşiften söz edilmektedir. Bunlar, “kumun soda ve kireç ile ısıtılarak yeni bir malzeme, diğer bir deyişle cama dönüşmesidir. Bu yeni malzeme çok sert ve pürüzsüzdür. İkincisi, aynı derecede önemli olan, şeffaf cam elde etmek için kullanılan kimyasal maddelerin hangi oranda katılacağıının bulunuşudur.”(kimyaca.com/)

Ticari camları soda camları ve özel camlar olarak iki gruba ayırmak mümkündür. Soda camları adi cam olarak da adlandırılır imalatı düşüktür.Genel yapısı bakımından % 73 SiO₂, % 12 Na₂O, %10 CaO, % 4 MgO ve % 1 Al₂O₃ ‘ten meydana gelmektedir. Özel camlar adi camlara göre maliyeti fazladır. Özellik bakımından değişkenlik göstermektedir örneğin optik camlar ışığı kırma özelliği ayarlanabilmektedir. Ayrıca bu tür camların kimyasal etkilere dayanıklılık, yüksek erime sıcaklığı ve yüksek elektrik yalıtkanlığı gibi bazı üstünlükleri de vardır (bilgiustam.com/)

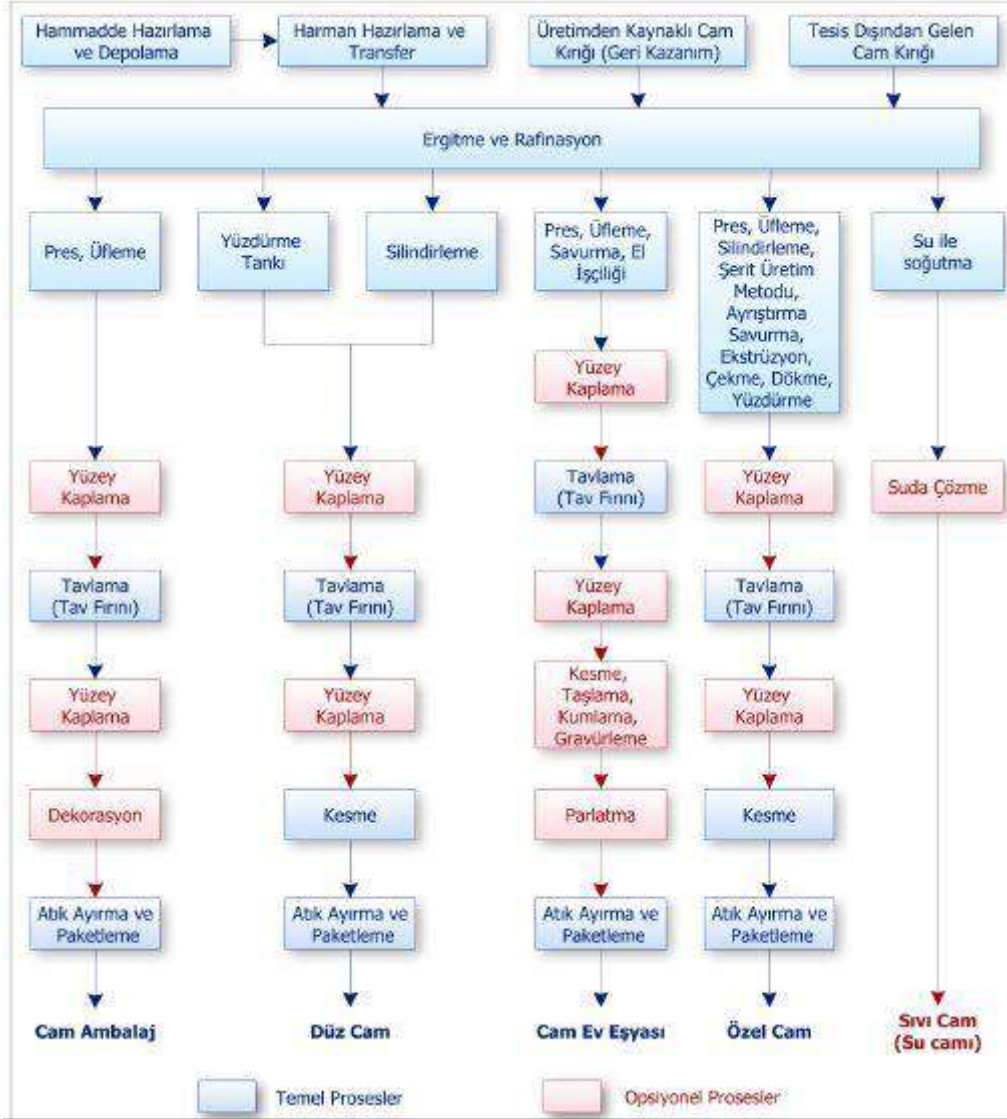
Teknolojinin ilerlemesi cam üretim teknolojilerine de katkı sağlamış, mukavemetlendirilmiş camlar ve özel işlevli cam üretimleri gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Teknolojinin katkısı camın daha fazla kullanılmasına neden olmaktadır. Artık bir binanın tüm dış cephesi cam ile oluşturulabilmekte, iç mekânlarda bölücü duvar olarak kullanılabilir. Çatı ışıklandırması veya basamak yüzeyleri için cam kullanılabilir. Isı yalıtımında kullanılan cam yünü cam esaslı bir malzemedir.

Kaba bir tanıma göre, cam ısıtıldıkça akıcılık kazanan, ama hemen yanında soğuyarak sertleşen ve kırılabilen bir malzemedir (Küçükerman 1985:14). Yani, akışkan koyu bir ağda kıvamındadır. Bu özelliği ile, eski cam yüzeylerde alt kısma doğru aktığı görülür. Kavruklaşan camların yeniden işlenmesi, kesilmesi, biçimlendirilmesi kırılma meylinde dolaylı zordur.

Camın kullanılacağı yerlere göre üretme biçimleri çeşitlidir. Doğru üretim biçimi kullanılarak farklı cam ürünler elde etmek mümkündür. Üretim biçimleri Tablo 1’de verilmektedir.

Tablo 1. En temel haliyle cam üretimindeki ana proses adımları

(TC. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı:4)

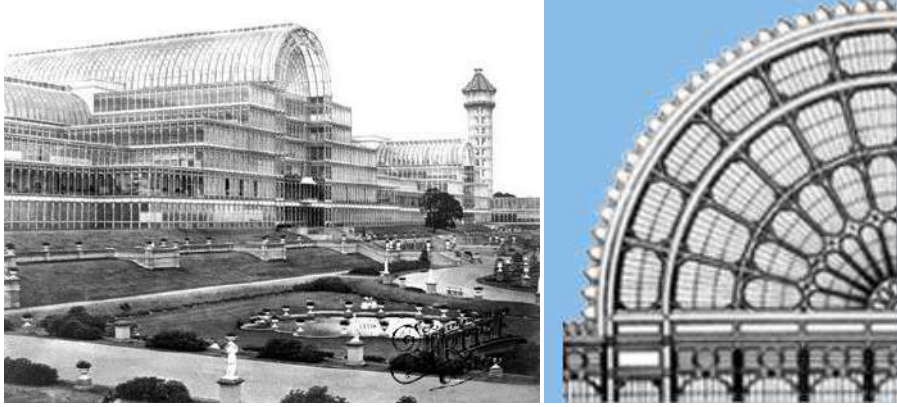


3. MİMARİDE CAM

Cam malzemesi bilindiği gibi inşaat alanında, çok çeşitli alanlarda kullanılan en yaygın malzemelerdendir. Bunun en önemli sebeplerinden biri de, camın, zaman içinde, bina iç mekânlarının gün ışığı ile aydınlatma ve termal konforunu daha iyi sağlama kabiliyetinin sürekli gelişiyor olmasıdır (surdurulebilirmalzemesler.com/).

Bir binada camın en bilindik kullanım yeri pencere camlarıdır. Ancak, aslında gelişen teknoloji, değişen yaşam tarzı imkânları ve beklentileri etkilemekte ve değiştirmektedir. Hızlı yaşanan göç yaşamı kente yönlendirmiştir. Tüketim hızlıdır, bu nedenle üretim de hızlı olmalıdır. Küreselleşme ile birlikte haberleşme imkânlarının da farklılaşması dünya üzerinde herhangi bir yerdeki teknoloji, uygulama veya faaliyetlerden anında haberdar olma imkânı sağlamaktadır. Bu nedenle, teknik, teknolojik ilerlemeler hızla yayılmaktadır. Herkes kendi çevresinde ve yaşadığı mekânlarda aynı imkânlar sahip olma istemektedir. Tüm sektörlerde ve yaşamın her alanında olduğu gibi cam sektöründe de durum aynıdır. Yerel cam endüstri firmaları da zamana ayak uydurmak için gelişmeleri takip etmektedirler. Bu nedenle

Türkiye’de de dünya üzerinde cam sektöründeki gelişmeler takip edilmekte ve piyasaya kaliteli ürünler vererek üretim sürdürülmektedir.



Şekil 4, 5. Crystal Palace Museum (insidecroydon.com/)(crystalpalacemuseum.org.uk/)

Kristal Saray, Joseph Paxton tarafından 1851'de Londra'daki Hyde Park'ta sahnelenecek olan tüm I.Dünya Sergisi'ne ev sahipliği yapmıştır(crystalpalacemuseum.org.uk/). Kristal Saray'ı dünya tarihinin önemli yapılarından yapan en önemli özelliği konstrüksiyon detaylarıdır. Prefabriğe demir taşıyıcılar ve bu taşıyıcıların arasına yerleştirilmiş cam levhalar yapıyı oluşturmaktadır. Bu bağlamda, dünyanın ilk seralarından biridir (arkitektuel.com/)

3.1.Cam Türleri

Düz cam: Düz cam (Float cam), cam eriyiğinin erimiş kalay üzerinde yüzdürülmesi yöntemiyle üretilir. Renksiz düz cam, saydamlığı sayesinde yüksek ışık geçirgenliğine sahiptir(seyhancam.com.tr/). Pencere camı olarak kullanılır.

Reflektif cam: Reflektif cam sıradan yüzdürme camın güneş ısısının azaltılması amacıyla yüzeyine metalik bir kaplama uygulanması ile elde edilir. Bu özel metalik kaplama aynı zamanda bir ayna etkisi yaratarak iç kısmın görünmesini engeller. Genel olarak bina dış cephelerinde kullanılır.Reflektif camlar Pirolitik (Çevrim İçi) ve Vakum (Çevrim Dışı) olmak üzere iki farklı üretim şekliyle üretilirler (sar-cam.com.tr/).

Renkli cam: Renkler içerdikleri mesajlar ile bir dil oluşturmaktadırlar. Bilinçli renk seçim ve uygulamaları işlevi pekiştirebilir. Güneş ışınlarının iç mekâna kontrollü girmesini sağlar ve estetik değer katar.



Şekil 6. Renkli cam (celikcam.com.tr/cam-sistemleri)

Kristal cam: Çeşitli metotlarla değişik şekillerde sade veya süslenmiş olarak imal edilen ve dekoratif amaçlı ev eşyalarının yapımında kullanılan özel kimyasal bileşimdeki camları ifade etmektedir (Kristal Cam Ürünleri Yönetmeliği 1.bölüm 2/f)

Emaye cam: Emaye boyalı cam temperli veya ısıl işleme tabi tutularak güçlendirilmiş, bir tarafı mineral pigmentlerle kısmen veya tamamen kaplanmış cama denir. Dekoratif özelliğine ilave olarak aynı zamanda güneş ışık kontrolü sağlar. Emaye cam dış cephelerde ve çatılarda kaplama camı olarak ve giydirme amaçlı kullanılır. Lamine camlarla ve yalıtım camlarıyla kombine edilebilir. Renkli yapı camı birçok renk seçeneği sunan ağır bir cam plakadır. Binaların cephe uygulamalarında, iç mekân camı olarak, ara bölme ve masaüstü camı olarak kullanılır(sar-cam.com.tr/).

Low E cam: Low-E kaplama cam, içinden geçen UV ve IR ışınlarının, görünebilen ışın kalitesini düşürmeden azaltılması üzerine geliştirilmiştir. Genel olarak, iki farklı Low-E kaplamalı cam vardır. Bunlar, Pasif Low-E kaplama ve Güneş kontrollü Low-E kaplamadır. (surdurulebilirmalzemeler.com/)

Çift cam: Çift cam bir yalıtım camıdır. İki veya daha çok sayıda cam plakanın aralarında ortam basıncına uygun kuru hava veya gazları barındıracak şekilde fabrika şartlarında bir araya getirilmesiyle oluşan yalıtım camı ünitesidir (camolukaluminyum.com/)

Renkli cam: Esasen geleneksel şeffaf düz cam olup düzcamın üretildiği şekilde üretilir. En önemli fark renklendirme ve ısı yayım emilimi özelliklerini kazandırmak için işlem başında eklenen eriyik haldeki renklendiricilerin sürece dahil edilmesidir. Farklı katkı maddeleri ile farklı şekillerde renklendirilmiş camlar üretilebilir(sar-cam.com.tr/)

Temperli cam: Bir diğer adı güçlendirilmiş cam ya da güvenlik camı olan bu cam çeşitleri, normal camlara kıyasla kırılmaya daha fazla dayanıklıdır. Normal camlar kırılma sonrası keskin parçacıklara ayrılıp yaralanmalara neden olabilir. Temperli camlar ise kırıldıklarında küçük ve keskin olmayan parçalara ayrılırlar. Bundan dolayı yaralanma riski en aza indirgenmiş olur. Temperli camlar, eşit kalınlıktaki normal camlara göre yaklaşık 5 kat daha dayanıklıdır. Isıya dayanıklılığı da normal camlara göre daha fazladır (malzemebilimi.net/)

Lamine cam: Lamine Cam, güvenlik anlayışının her alanda önem kazanması sonucunda cam sektöründe de yeni arayışlara yol açmıştır. Özellikler büyük vitrin camlarında, konutlarda kullanılan ısı camlarının tek yüzeylerinde çatılarda, tonozlarda lamine cam tercih edilmektedir. İki ya da daha fazla cam plakalarının ısı ve basınç altında PVB veya EVA tabakaları yardımıyla birleştirilmesi sonucunda lamine cam elde edilir (celikcam.com.tr/)

Yangın koruma camı: Yangın koruma camının sınıflandırması DiN EN 13501-1 Normuna uygun olarak üç sınıfta yapılmaktadır. Bunlar bir odayı ayırma nitelikli fonksiyonuyla, bir yapı parçasının yangın sınıflandırmasına uygun olarak bir yangına sadece bir taraftan mukavemet edebilme yeteneğini tanımlamaktadır (gulyol.com/)

Akıllı cam: Akıllı Camlar, voltaj uygulanarak şeffaf veya opak bir durum arasında geçiş yapmak için elektro-kromatik teknolojiyi kullanır. Işıkların her iki taraftan da geçmesine izin verirken bir fiske vuruşunda açık renklerden donmuş bir görünüme dönüşür(malzemebilimi.net/akilli-camlar.html)

Fotovoltaik cam: Fotovoltaik camın çalışma prensibi, 'Nature Communications' jurnalinde yayımlanan bir bilimsel makalede anlatılmıştır. "cam aşırı ısınmadığı sürece, ara katmanda bulunan metalik 'halide perovskite-methylamine' bileşimi dağınık formda duruyor. Bu da camın normal şartlarda yüzde 68 oranında şeffaf olmasını sağlıyor. Aşırı güneş ışınımı sonucunda cam ısındıkça bu katmandaki bileşimin yapısı değişiyor ve moleküller birbirine tutunuyorlar. En üst ısı seviyesinde camda sadece yüzde 3 şeffaflık oluşuyor, yani opak moda

geçiyor. Opak modda da elektrik üretimi başlıyor. Akşam oldukça veya güneş azaldıkça fotovoltaiik cam yüzeyindeki ısı düşüyor ve bileşim tekrar yapı değiştirip normal haline dönüyor. Böylece tekrar şeffaf cam durumu elde ediliyor” (xtrlarge.com/) Özelleştirilmiş fotovoltaiik, Renkli fotovoltaiik çeşitleri ile sürdürülebilirlik ve yeşil bina&yeşil çevre uygulamaları için ideal ürünlerdir.



Şekil 7, 8. Sınır Tanımayan Doktorlar Örgütü Cenevre Operasyon Merkezi: Binanın imzası olan cephesinde, farklı iç mekân özelliklerini yansıtarak enerji, gölge ve canlı renkler sağlamak için değişen derecelerde geçirgenlik gösteren fotovoltaiik cam bulunuyor (yesilodak.com/).

Kurşun Geçirmez Cam: Kurşungeçirmez cam, silahlı saldırıya karşı güvenlik sağlamak için çok katlı laminasyon ünitelerinden oluşan camlardır. Camlar polikarbon levhalar vasıtası ile birleştirilmesi sonucu gelen kurşunun bu levha tarafından önlenmesi cam parçacıkların etrafa yayılmasını önler (celikcam.com.tr/)

Güvenlik ve emniyet camları: Arasındaki PVB malzeme ile darbeye dayanımı artırılmıştır. Kırıldığında dağılmayan emniyet camıdır (yasan.com.tr/)

Buzlu cam: Buzlu Cam, cam eriğinin biri desenli iki metal merdane arasından geçirilmesi yolu ile üretilmektedir(yapikatalogu.com/)

Dekoratif cam: İç mekân tasarımlarında konseptte uygun olarak kullanılabilen estetik olma kaygısı ile üretilmiş camlardır.

Telli cam: Düz cam’ın buzlu cam üretimi sırasında camın içine tel konularak elde edilir. Güvenliği ve estetik dekoratif çözümleri bir arada sunmaktadır(sisecamduzcam.com/). Buzlu veya şeffaf çeşitleri bulunmaktadır.



Şekil 9. Telli cam (sehircam.wordpress.com/) Şekil 10. Gürültü Kontrol Camı/Akustik lamine cam (yapikatalogu.com/) Şekil 11. Dekoratif camlar (dekorglass.com/)

Gürültü kontrol camları: Akustik lamine camlar %50 ses kırma özelliğine sahiptir(yasan.com.tr/)

Fonksiyonel Cam: Cam boru-çubuk Erimiş ve istenilen homojenizasyonda cam çekilmesi ile boru veya çubuk üretimi için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Halen belli başlı üretim prosesleri üç tanedir.

- Schuller prosesi (dikey yukarı çekme)
- Vello prosesi (dikey aşağı çekme)
- Danner prosesi (DPT 1990:24)

Nanoteknolojik Kendi Kendini Temizleyen Fotokatalist TiO_2 Cam Kaplama: Fotokatalist Nano Cam Kaplama; özel fotokatalist nano kaplamanın TiO_2 bazlı nano seviyedeki partiküllerle birleşmiş halidir. Yüzeğe uygulanan nano seviyedeki fotokatalitik film güneşe maruz kaldığında, fotokatalistli yüzeydeki suyun temas açısı derece derece azalır. Yeterli seviyede ışığa maruz kalınca yüzey süper su tutucu seviyeye ulaşır. Diğer bir deyişle su damlacık halini kaybeder ama yüzeyde düzeysel olarak kalır. Titanyumdioksitin su tutucu yapısı yer çekimi ile birleşince toz parçacıklarının ve kirin yağmurla akmasını sağlar. Böylece kendi kendini temizleme işlemi devreye girer. Kalıcılığı uzun sürelidir yaklaşık 5-10 yıl(an-bonano.com.tr) olduğu belirtilmektedir.

Cam Tuğla: Cam tuğla iki yarım parçanın aralarında bir miktar boşluk kalacak şekilde eritilerek birleştirilmesi ile elde edilen, düz, dokulu veya örüntülü yüzlere sahip yarı saydam ve boşluklu cam bloktur. Cam tuğla taşıyıcı olmayan dış ve iç duvarlarda, ayrıca alışılmamış çerçeveli pencere açıklıklarında kullanılabilir (yedigun.com/)



Şekil 12,13. Cam tuğla (camtuglasanati.blogspot.com/)

Vitray ve Revzen-i menkuş: Bugünkü adı vitray olan ve daha çok cami duvarlarının iç yüzlerinde görülen bezemeli sabit pencere camlarıdır. Avrupa sanatının kurşun çerçeveli vitraylarının gelişiminde büyük etkisi olan Bizans örnekleri yapım tekniği bakımından Osmanlılarınkinden farklıdır. Bizans vitrayında geometrik biçimli (köşeli veya yuvarlak) küçük cam levhalar renklendirilerek, bazen de desenlerle bezenerek ahşap, pişmiş toprak, taş veya kurşun çerçevelere geçirilmiştir. Bizans vitray örneklerini veren en önemli yapılar Ravenna'da San Vitale Kilisesi, İstanbul'da Pantokrator Kilisesi (Zeyrek Camii) ve Khora Manastır Kilisesi'dir (Kariye Camii) (Özgümüş s.40, islamansiklopedisi.org.tr/)

Cam elyafı (fiberglas): çok ince cam telciklerinden üretilen bir maddedir. Yalıtım ile dokuma ürünlerinde yaygın olarak kullanılır. Ayrıca birçok plastik ürünlerinde güçlendirici olarak da kullanıldığında ortaya çıkan bileşik maddelere de (örneğin, GRP "camla güçlendirilmiş plastik") halk arasında "Cam elyafı" adı verilir. Cam elyafı genellikle poliester reçineleri veya vinil ester reçineler ile farklı yöntemlerle (el yatırması, SMC, BMC, RTM, Fital sarma, Reçine İnfüzyon gibi) takviye edilerek geleneksel kompozit CTP parçalar elde edilmektedir. Eritilmiş haldeki camın küçük deliklerden akıtılıp katılaştırılması sonucu üretilir. Isıl iletim katsayıları düşük olduğundan yalıtım malzemesi olarak kullanılırlar(plasfib.com/)

Cam Yünü: Silis kumunun 1200°C – 1250°C'de ergitilerek elyaf haline getirilmesi sonucu elde edilmektedir. Kum, çakıl taşı gibi maddelerin en az %95 SIO₂ içeren bileşenlerine silis denir ve yer-kabuğunun yaklaşık %26' sını oluşturur(gnyapi.com.tr/)



Şekil 14. Cam elyaf (kompozit.net/) Şekil 15. Cam yünü(gnyapi.com.)

Borcam : İlk önce The Corning Glass Works firması tarafından üretilen borosilikat camdır. Silis kumu ve borik oksit gibi hammaddelerin uzun süre yüksek sıcaklıklara kadar ısıtılmasıyla yapılır. Erimiş malzeme daha sonra farklı tipte cam eşyalara işlenir. İlk olarak yirminci yüzyılın başlarında formüle edilen Borcam, ısı ve kimyasal direnç gerektiren çeşitli uygulamalar için önemli bir malzeme haline gelmiştir (malzemebilimi.net/)

3.2.Mimaride Camın Kullanım Yerleri

Cam mimari tasarımda kaba yapı ve ince yapı unsuru olarak yer almakta ayrıca camdan üretilen yalıtım malzemeleri ile büyük bir ihtiyaca cevap verebilmektedir.



Şekil 16. DZ Bank Binası/Berlin –Mimar Frank Gehry (arkitektuel.com/) Şekil 17. Tokyo'da yer alan Kanagawa Teknoloji Enstitüsü, 2 bin metrekarelik ve tek bir oda. Sadece beyaz cam paneller ve değişen boyutlarda ve şekillerde çelik sütunlardan oluşan yapı (emlakwebtv.com/)

Camın binada kullanım yeri olarak ilk akla gelen cephe düzenleri, pencere ve kapı doğramaları olur. Pencereler, doğal ışıktan yararlanmak, havalandırma imkânı sağlamak, iç-dış bağlantısı kurabilmek, afet anında kaçış imkânı sağlamak gibi işlevsel nedenlerin yanı sıra bina cephesinde oluşturdukları dolu-boşluk oranları, proporsiyon ve düzen ile estetik bir ifade de yüklenirler. Kaba yapı görevi gören yerlerde ince yapı ögesi olarak yer alabilmektedir. Bu uygulamaya en belirgin örnek giydirme cephe uygulamalarıdır. Camdan ve masif kompozit panellerden üretilen bir kabuk sistem olan giydirme cephe sistemi, Strüktürel Silikon Cephe, Kapaklı, Yarı Kapaklı Cepheler gibi çeşitleri ile yaygın kullanıma sahiptir. Cephelerin

dışında döşeme kaplamaları veya döşemenin kendisini oluştururlar. Mukavemetli camlar ile daha dayanıklı yüzeyler oluşturmak mümkündür.



Şekil 18. Döşeme camı (dagilmazcam.com/) Şekil 19. Çin’de dünyanın en büyük seyir terası (trthaber.com), Şekil 20. Cam çatı sistemi(prominyum.com/)

Cam malzemenin kullanıldığı diğer bina ve mekan öğeleri; Banyo tezgahları, duş ve küvet kabinleri, ocak yüzeyleri, korkuluklar, bölücü duvarlar/separatörler, üst örtüler, banko detaylandırmaları, tepe pencereleri, cam merdiven basamakları, sensörlü kapılar, vitrin camları, aynalar, tavan camı, panoramik hidrolik asansör ile güvenlik kabinleri, vezne camları gibi yüzeylerdir.



Şekil 21. Separatör (erdemcam.com.tr/) Şekil 22. Duş kabini (dusevi.net/) Şekil 23. Cam Basamaklar (dogusyanginguvenlik.com/)

Güvenlik birimlerinde kurşungeçirmez cam, araç camlarında ve balkon kapamalarında temperli cam kullanılmaktadır. Mobilya ve sabit veya hareketli tefriş elemanlarından sehpa, masa, çalışma masası gibi örneklerde yaygın kullanıma sahiptir.



Şekil 24. İç İşleri Bakanlığı Protokol Nöbetçi Kulübesi Kurşungeçirmez cam ve pirinç imalat (2n-cam.com/)

İç ve dış mekân aydınlatma elemanlarında ışık geçirgenliği nedeni ile cam neredeyse alternatifsiz bir malzemedir. Vazo, çiçeklik, resim çerçevesi gibi sayısız dekoratif malzeme ve aksesuarlarda cam malzeme ile tasarımlar yapılmaktadır.

Özetle cam, hayatın her yerinde laboratuvar aletlerinden cam cephelere, gözlük camlarından ev geçelerine kadar yaygın kullanımı olan özellikli bir malzemedir.

4. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Bulunduğu mekâna verdiği gizemli etkisiyle cam, mimarlık tarihinin mistik yapı malzemelerinden birisi olmuştur. Mimari perspektiften bakıldığında cam, bütünüyle bir sanatsal öge konumundan sıyrılıp yaratılan yapıyı yeniden tanımlamıştır. Mimaride, mekân tanımında yardımcı olan öğeler bu dokusal değişim ile farklı tasarımlar oluşmasına sebep olmuş, önemli mimarların eşsiz tasarımları camın mimarlık tarihi içerisinde hızla benzersiz bir konuma gelmesine sebep olmuştur. Camın masum ve bir o kadar da iddialı olan ve yardımcı objelerle barışık gizemli yapısı, süreç içinde artık onun sadece kapı ve pencere öğelerindeki ortaklığından ayrılmış, mimari mekânı sınırlayan bir belirleyici unsur olmasını sağlamıştır (yapi.com.tr/).



Şekil25,26,27,28,29,30. Farklı cephe tasarımı ile farklı binalar/farklı çevreler (outsourcplan.com/)

Bina cephelerinde oluşturduğu pencere ve duvar parçalarının dolu-boşluk etkisi ile kente katkı sağlayan ve bağlamın bir parçası olan, bina kenti tasarlamaktadır. Bina içerisinde açıldığı doğa parçasına hâkim olma, doğal ışık alma, havalandırma imkânı ile pencere doğramaları cam kullanımı ile anlamlı hale gelmektedir.



Şekil 31. Haydar Aliyev Kültür Merkezi Mimar Zaha Hadid, Bakü/Azerbaycan (archdaily.com/) Şekil 32. Bask Sağlık Departmanı Genel Merkezi, Bilbao (emlakwebtv.com/)

Cam malzeme, tasarımcılara esnek tasarım imkânı sağlar. İşlevsel olma özelliği, biçimlenebilme teknik ve teknolojisinin olması, sürdürülebilir, geri dönüştürülebilir, yeniden

değerlendirilebilir olması avantajlarının yanında kırılma çözümlerine önlem alma çalışmaları ile bugün cam pek çok sorununun üstesinden gelinmiş bir malzemedir. Çay tabağından, resim çerçevesine, vitrinden çatı penceresine, günümüz yeni müze anlayışında arkeolojik kazı üzeri üst örtü kullanımları ile önemli bir yerdedir. Şeffaf kurumsal kimlik çizmek isteyen ofisler, örneğin bankalarda mekânlar şeffaf cam bölmeler ile ayrılmaktadırlar. Oysaki ses geçirmeyen, kırılmayan ve son derece güvenli olan bu bölmeler müşterilere “bize güvenebilirsiniz. Son derece şeffafız, açığız, gizlimiz-saklımız yok” mesajı vermektedir.



Şekil 33. Kentte cam kullanımı: Farklı cam düzenleri/farklı cepheler & Araç camları (pixers.com.tr/)

Cam çatı üst örtüler ile büyük açıklıklı mekânlarda gün ışığı alma olanağı sağlanır.

Nano teknolojik uygulamalar sayesinde üzerinde parmak izi kalmayan, kirlenmeyen cam yüzeyler daha yaygın kullanım talebi görmektedirler.

Günümüzde cam için gelinen durum, bir sonraki adımda ne yapılabilir sorusunu akıllara getirmekte ve heyecan uyandırmaktadır.

KAYNAKÇA

Günay,R., (2006) *Sinan'ın İstanbul'u*, ISBN 975-8599-76-3, YEM Yayın, İstanbul

TOBB (2012), *Türkiye Cam ve Cam Ürünleri Sanayi Meclisi Sektör Raporu*, ISBN :978-605-137-299-0, TOBB Yayın Sıra No: 2013/203, Ankara

T.C. Ekonomi Bakanlığı İhracat Genel Müdürlüğü Kimya Ürünleri ve Özel İhracat Daire Başkanlığı, *Cam ve Seramik İnşaat Malzemeleri Sektörü Sektör Raporları*, Ankara

TC Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, *Cam Üretimi SEKTÖREL UYGULAMA KILAVUZU, Sanayiden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Belirlenmesi ve Azaltılmasına Yönelik Uygulamanın Kolaylaştırılmasının Sağlanması Projesi*

TC Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) (1990), *Cam Sanayi Özel İhtisas Komisyonu Raporu*, Ağustos Yayın No: DPT:2221 - ÖİK., Ankara

Kristal Cam Ürünleri Yönetmeliği, 69/493/AT

<https://kms.kaysis.gov.tr/Home/Goster/35706?AspxAutoDetectCookieSupport=1>

Kuban, B.,(2018) *Mühendislik Anlatıları Cumhuriyetin Kuruluşundan Mühendislik Öyküleri Cam Sanayii*, Türk Mühendis Mimar Odaları Birliği, Mühendis ve Makina Güncel, Ekim 2018

Küçükerman, Ö.,(1985), *Cam Sanatı ve Geleneksel Türk Camcılığında Örnekler*, İş Bankası Kültür Yayınları, İstanbul

Özgümiş, Ü., Cam, <https://islamansiklopedisi.org.tr/cam>

URL KAYNAKÇA

<http://www.anadoluyugarliliklari.com/anadolu-da-ilk-yerlesimler/asiklihoeyuk/>

<http://www.an-bonano.com.tr/camyuzeykoruma.html>

<https://www.archdaily.com/>

<https://www.arkitektuel.com/dz-bank-binasi/>

<https://www.arkitektuel.com/kristal-saray/>

<https://www.bilgiustam.com/camin-icadi-ve-tarihcesi/>

<https://www.bilgiustam.com/obsidyen-nedir-faydalari-nelerdir/>

<http://camtuglasanati.blogspot.com/2019/07/bursa-cam-tugla-uygulama-ustas-fayans.html>

<http://www.camolukaluminyum.com/bilgi-detayi/3/cift-cam-nedir?/>

<https://www.camsiseambalaj.com/cam-hakkinda/camin-tarihcesi/>

<http://camtuglasanati.blogspot.com/2019/07/bursa-cam-tugla-uygulama-ustas-fayans.html>

<http://www.crystalpalacemuseum.org.uk/>

<https://www.celikcam.com.tr/cam-sistemleri>

<https://www.celikcam.com.tr/>

<http://www.dagilmazcam.com/sayfa.asp?id=70&s=yer-doseme-camlari>

<http://www.dekorglass.com/>

<http://www.dogusyanguvenlik.com/ceyik-yangin-merdiveni.html/cam-merdiven-sistemleri>

https://dusevi.net/index.php?route=product/product&product_id=279

<https://www.emlakwebtv.com/modern-mimarinin-gorkemli-yapilari-cam-binalar/66690>

<http://www.erdemcam.com.tr/urun/opak-lamine-cam-35.html>

<https://www.gnyapi.com.tr/cam-yunu/>

<http://www.gulyol.com/blog/blog-cam-malzemelerin-fonksiyon-sekli-ve-siniflandirilmesi/>

<https://insidecroydon.com/>

<https://kimyaca.com/camin-iliginc-tarihi/>

- <https://www.kompozit.net/cam-elyaf-fiberglas>
- <https://kvmgm.ktb.gov.tr/TR-44944/antik-cam-tarihi.html>
- <https://kvmgm.ktb.gov.tr/TR-44946/cam-uretme-teknikleri.html>
- <https://malzemebilimi.net/akilli-camlar.html>
- <https://malzemebilimi.net/borcam-nedir-borcam-nerelerde-kullanilir-borcam-ozellikleri-nelerdir.html>
- <https://malzemebilimi.net/temperlenmis-cam-guvenli-cam.html>
- <https://www.2n-cam.com/urunler/kursun-gecirmez-guvenlik-kabinleri/>
- <https://outsourcplan.com/4-amazing-facades-that-feature-innovative-facade-design-strategies>
- <https://pixers.com.tr/posterler/kalabalik-cadde-585923>
- <http://www.plasfib.com/index.php?sayfa=237>
- <https://www.prominyum.com/icerik/cam-cati-ve-kupeste-sistemleri>
- <https://sanatkaravani.com/camin-alabilecegi-en-guzel-sekil-cesm-i-bulbul/>
- <http://www.sar-cam.com.tr/cam-cesitleri/reflektif-cam>
- <http://www.sar-cam.com.tr/cam-cesitleri/boyali-cam>
- <http://www.seyhancam.com.tr/tr/?i=pages&id=137>
- <https://www.surdurulebilirmalzemeler.com/low-e-cam-pencere-hakkinda>
- <https://sehircam.wordpress.com/telli-cam/telli-cam-3/>
- <http://www.sisecamduzcam.com/sites/catalogs/tr/PublishingImages/Lists/Architectural%20Glass%20Products/AllItems/Sisecam-Telli-Cam-Brosur.pdf>
- <https://www.trthaber.com/haber/dunya/dunyanin-en-buyuk-cam-terasi-cinde-acildi-372763.html>
- <https://www.xtrlarge.com/2017/11/30/fotovoltaik-cam-gunes-enerjisi/>
- https://www.yapikatalogu.com/ince-yapi-bitirme-isleri/yalitimli-camlar/sisecam-duzcam-gurultu-kontrol-cami_23735
- http://www.yapi.com.tr/haberler/camin-tarihi_59868.html
- http://www.yasasan.com.tr/Urunler_guvenlik.asp
- <https://www.yedigun.com/cam-tugla-nedir>
- <https://www.yesilodak.com/yenilikci-renkli-fotovoltaik-cam-cepheli-yesil-ofis-binasi>

ON THE HARDNESS OF ALMOST ALL SUBSET SUM PROBLEMS BY ORDINARY BRANCH-AND-BOUND

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Kemal Tural

Department of Industrial Engineering, Middle East Technical University

SUMMARY

Given n positive integers a_1, a_2, \dots, a_n , and a positive integer right hand side β , we consider the feasibility version of the subset sum problem which is the problem of determining whether a subset of $\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ adds up to β . We show that if the right-hand side β is chosen as $\lceil r \sum_{j=1}^n a_j \rceil$ for a constant $0 < r < 1$ and if the a_j 's are independent and identically distributed from a discrete uniform distribution taking values $\{1, 2, \dots, \lfloor 10^{n/2} \rfloor\}$, then the probability that the instance of the subset sum problem generated requires the creation of an exponential number of branch-and-bound nodes when one branches on the individual variables in any order goes to 1 as n goes to infinity.

Keywords: Subset Sum Problem, Branch-and-bound, Integer Programming

INTRODUCTION

Given n positive integers a_1, a_2, \dots, a_n , and a positive integer right hand side β , the subset sum problem (SSP) is the problem of finding a subset of $\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ whose elements add up to β . Introducing a binary variable x_j for each $j \in \{1, 2, \dots, n\}$ which takes the value 1 if and only if a_j is included in the subset, the SSP can be formulated as the following integer programming feasibility problem

$$\begin{aligned} ax &= \beta \\ x &\in \{0, 1\}^n. \end{aligned} \quad (\text{SUB})$$

The SSP is an NP-complete problem (Garey and Johnson, 1979). In the literature, several public-key cryptosystems are proposed based on the SSP (Merkle and Hellman, 1978; Shamir, 1983). The density d of an SSP instance is defined as $d = n / \log_2 \max\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ (Lagarias and Odlyzko, 1985). In cryptographic applications, SSP instances of low density are of particular importance because (SUB) may have several solutions when the density is high.

Brickell (1984) and Lagarias and Odlyzko (1985) focus on solving feasible low density SSPs and they show that almost all feasible low density subset sum problems can be solved in polynomial time. We refer the reader to Coster et al., (1992) for an improvement of the method of Lagarias and Odlyzko (1985). On the other hand, Furst and Kannan (1989) look into both feasible and infeasible SSP instances and show that almost all (feasible and infeasible) low density SSPs can be solved in polynomial time. In a related study, Pataki, Tural, and Wong (2010) generalize the result of Furst and Kannan (1989) from subset sum problems to bounded integer programming problems. In all of these methods, lattice-based techniques are used.

The most commonly used exact algorithms to solve integer programming problems are branch-and-bound, cutting plane methods, and branch-and-cut which is a combination of branch-and-bound and cutting plane methods. In this paper, we show that almost all low density subset sum problems are hard for ordinary branch-and-bound. In particular, we show that if the right-hand side β is chosen as $\lceil r \sum_{j=1}^n a_j \rceil$ for a constant $0 < r < 1$ and if the a_j 's are independent and identically distributed (iid) from a discrete uniform distribution taking

values $\{1, 2, \dots, \lfloor 10^{n/2} \rfloor\}$ in (SUB), then the probability that the instance of the SSP generated requires the creation of an exponential number of branch-and-bound nodes when one branches on the individual variables in any order goes to 1 as n goes to infinity.

Our result is built on a result of Chvátal (1980) who identified a class of instances of the 0 – 1 knapsack problem that are difficult to solve by a class of algorithms, called recursive, that use branch-and-bound, dynamic programming, and rudimentary divisibility arguments. The problem considered by Chvátal (1980) is the following optimization problem

$$\begin{aligned}
 & \text{maximize} && ax \\
 & \text{subject to} && ax \leq \left\lfloor \frac{\sum_{j=1}^n a_j}{2} \right\rfloor \\
 \text{(KP)} & && x \in \{0, 1\}^n.
 \end{aligned}$$

Note that (KP) is always feasible, but (SUB) can be feasible or infeasible. Our result is based on the observation that an overwhelming majority of the instances of (SUB) is infeasible and an overwhelming majority of the infeasible instances are hard to solve by ordinary branch-and-bound.

In a related study, Krishnamoorthy (2008) considers infeasible equality-constrained knapsack problems and derives lower and upper bounds on the number of branch-and-bound nodes enumerated in a branch-and-bound method.

METHOD AND RESULTS

In this section, we first state our main theorem and then prove it using some lemmas.

Theorem 1. Let r and ϵ be real numbers between 0 and 1 and $\beta = \lfloor r \sum_{j=1}^n a_j \rfloor$. Let each a_j be iid from a discrete uniform distribution taking values $\{1, 2, \dots, M\}$ in (SUB), where $M = \lfloor 10^{n/2} \rfloor$. Then the probability that the instance of the SSP generated requires the creation of at least $2^{n^{1-\epsilon}}$ branch-and-bound nodes when one branches on the individual variables in any order goes to 1 as n goes to infinity.

The idea of the proof of Theorem 1 is taken from Chvátal (1980). We first fix a constant k that satisfies $0 < k < \epsilon < 1$. We then show that the probability that the coefficients a_j satisfy the following two properties goes to 1 as n goes to infinity:

Property 1. $\sum_{i \in I} a_i \leq \frac{1}{n^k} \sum_{j=1}^n a_j$ whenever $|I| \leq n^{1-\epsilon}$.

Property 2. There is no subset I of $\{1, 2, \dots, n\}$ with $\sum_{i \in I} a_i = \lfloor r \sum_{j=1}^n a_j \rfloor$.

If coefficients a_j satisfy Property 2, then it is clear that the corresponding SSP is infeasible.

Lemma 1. The probability that the coefficients a_j satisfy Property 1 goes to 1 as n goes to infinity.

Proof of Lemma 1. If Property 1 is violated, then there exists a subset I of $\{1, 2, \dots, n\}$ with $\sum_{i \in I} a_i > \frac{1}{n^k} \sum_{j=1}^n a_j$ and $|I| \leq n^{1-\epsilon}$. As each a_j is less than or equal to M , we get that

$$\sum_{j=1}^n a_j < n^k (Mn^{1-\epsilon}) = Mn^{1+k-\epsilon}. \quad (1)$$

To get an explicit upper bound on the probability that Property 1 is violated, we use the following identity

$$\sum_{\substack{i \text{ integer:} \\ i \geq (p+t)n}} \binom{n}{i} p^i (1-p)^{n-i} < e^{-2t^2 n}, \quad (2)$$

which is valid for $0 < p < 1$ and $t \geq 0$. By (1), we have that at least $n - 2n^{1+k-\epsilon}$ of the a_i 's must be less than or equal to $M/2$, as otherwise $\sum_{j=1}^n a_j \geq (2n^{1+k-\epsilon})M/2 = Mn^{1+k-\epsilon}$. Taking $p = \lfloor M/2 \rfloor / M$ and $t = 1/2 - 2n^{k-\epsilon}$ in (2), we get that

$$\begin{aligned} \sum_{\substack{i \text{ integer:} \\ i \geq (\frac{1}{2}+t)n}} \binom{n}{i} p^i (1-p)^{n-i} &= \sum_{\substack{i \text{ integer:} \\ i \geq n - 2n^{1+k-\epsilon}}} \binom{n}{i} p^i (1-p)^{n-i} \\ &\leq \sum_{\substack{i \text{ integer:} \\ i \geq (p+t)n}} \binom{n}{i} p^i (1-p)^{n-i} < e^{-2t^2 n} = e^{-2n(\frac{1}{2} - 2n^{k-\epsilon})^2} \end{aligned}$$

which goes to 0 as n goes to infinity. In the above expressions, the second sum is the probability that at least $n - 2n^{1+k-\epsilon}$ of the a_i 's are less than or equal to $M/2$. As this probability goes to 0 as n goes to infinity, we get that the probability that the coefficients a_j satisfy Property 1 goes to 1 as n goes to infinity.

Lemma 2. The probability that the coefficients a_j satisfy Property 2 goes to 1 as n goes to infinity.

Proof of Lemma 2. Let us fix a 0-1 vector $x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*$ and find an upper bound on the number of a vectors satisfying $\sum_{j=1}^n a_j x_j^* = \lfloor r \sum_{j=1}^n a_j \rfloor$. Each a vector satisfying $\sum_{j=1}^n a_j x_j^* = \lfloor r \sum_{j=1}^n a_j \rfloor$ also satisfies $r \sum_{j=1}^n a_j - 1 < \sum_{j=1}^n a_j x_j^* \leq r \sum_{j=1}^n a_j$. Hence, we have that $r \sum_{j=1}^{n-1} a_j - 1 - \sum_{j=1}^{n-1} a_j x_j^* < a_n (x_n^* - r) \leq r \sum_{j=1}^{n-1} a_j - \sum_{j=1}^{n-1} a_j x_j^*$. This implies that once a_1, a_2, \dots, a_{n-1} are fixed, we have at most $k(r) = \max\{1/r, 1/(1-r)\}$ many choices for a_n . This follows from the two values x_n^* may take. If $x_n^* = 0$, we have less than or equal to $1/r$ many choices for a_n ; and if $x_n^* = 1$, we have less than or equal to $1/r$ many choices for a_n . Therefore for a fixed a 0-1 vector $x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*$, the number of a vectors satisfying $\sum_{j=1}^n a_j x_j^* = \lfloor r \sum_{j=1}^n a_j \rfloor$ is at most $k(r)M^{n-1}$. As there are 2^n choices for $x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*$, the probability that the coefficients a_j violate Property 2 is at most $k(r)M^{n-1}2^n/M^n = k(r)2^n/M = k(r)2^n/\lfloor 10^{n/2} \rfloor$ which goes to zero as n goes to infinity.

Lemma 3. For positive coefficients a_j satisfying Properties 1 and 2, if $\beta \in \left[\frac{1}{n^k} \sum_{j=1}^n a_j, \left(1 - \frac{1}{n^k}\right) \sum_{j=1}^n a_j \right]$ and if (SUB) is infeasible, then the ordinary branch-and-bound creates at least $2^{n^{1-\epsilon}}$ branch-and-bound nodes when one branches on the individual variables in any order.

Proof of Lemma 3. We will show that none of the nodes in the branch-and-bound tree is pruned by infeasibility unless more than $n^{1-\epsilon}$ of the variables are fixed.

Assume that $\leq n^{1-\epsilon}$ are fixed to 0 or 1. Let I and \bar{I} be the set of indices of the fixed and unfixed variables, respectively. By Property 1, we have that $\sum_{i \in I} a_i \leq \frac{1}{n^k} \sum_{j=1}^n a_j$ and $\sum_{i \in \bar{I}} a_i \geq \left(1 - \frac{1}{n^k}\right) \sum_{j=1}^n a_j$. Therefore, we get that $\sum_{i \in I} a_i \leq \frac{1}{n^k} \sum_{j=1}^n a_j \leq \lceil r \sum_{j=1}^n a_j \rceil = \beta \leq \left(1 - \frac{1}{n^k}\right) \sum_{j=1}^n a_j \leq \sum_{i \in \bar{I}} a_i$. Therefore, by assigning fractional values to $x_i, i \in \bar{I}$, we can obtain a feasible solution to the LP relaxation of (SUB). This is because if we assign the value 0 to all unfixed variables, a value, say α , is obtained which is less than or equal to β . As assigning values in $[0,1]$ to the unfixed variables, any value between $[0, \beta]$ can be obtained (because $\beta \leq \sum_{i \in \bar{I}} a_i$), we can obtain $\beta - \alpha$ as well.

Proof of Theorem 1. We are now ready to prove Theorem 1. Lemmas 1 and 2 imply that the probability that the coefficients a_j satisfy Properties 1 and 2 goes to 1 as n goes to infinity. As n goes to infinity, the probability that $\frac{1}{n^k} \leq r \leq 1 - \frac{1}{n^k}$ is satisfied goes to one. Therefore as n goes to infinity, the probability that $\beta \in \left[\frac{1}{n^k} \sum_{j=1}^n a_j, \left(1 - \frac{1}{n^k}\right) \sum_{j=1}^n a_j\right]$ goes to one. In other words, conditions in Lemma 3 are satisfied with a probability that goes to one as n goes to infinity. Finally, whenever Lemma 3 is satisfied, at least $2^{n^{1-\epsilon}}$ branch-and-bound nodes are created. So, we have proved that the probability that the instance of the SSP generated requires the creation of at least $2^{n^{1-\epsilon}}$ branch-and-bound nodes when one branches on the individual variables in any order goes to 1 as n goes to infinity.

CONCLUSION

In this paper, we have shown that an overwhelming majority of the low density subset sum problems are hard to solve by ordinary branch-and-bound. This result complements the positive results on the solvability of the majority of the low density subset problems. In our proof, we have first argued that almost all subset sum problems generated in accordance with our generation procedure are infeasible. We have then proved that for almost all such infeasible subset sum problems an exponential number of branch-and-bound nodes are created.

REFERENCES

- Brickell, E. F. (1984). Solving low density knapsacks. In *Advances in cryptology* (pp. 25-37). Springer, Boston, MA.
- Chvátal, V. (1980). Hard knapsack problems. *Operations Research*, 28(6), 1402-1411.
- Coster, M. J., Joux, A., LaMacchia, B. A., Odlyzko, A. M., Schnorr, C. P., & Stern, J. (1992). Improved low-density subset sum algorithms. *Computational Complexity*, 2(2), 111-128.
- Furst, M. L., & Kannan, R. (1989). Succinct certificates for almost all subset sum problems. *SIAM Journal on Computing*, 18(3), 550-558.
- Garey, M. R., & Johnson, D. S. (1979). *Computers and intractability*. WH Freeman.

Krishnamoorthy, B. (2008). Bounds on the size of branch-and-bound proofs for integer knapsacks. *Operations Research Letters*, 36(1), 19-25.

Lagarias, J. C., & Odlyzko, A. M. (1985). Solving low-density subset sum problems. *Journal of the ACM (JACM)*, 32(1), 229-246.

Merkle, R., & Hellman, M. (1978). Hiding information and signatures in trapdoor knapsacks. *IEEE Transactions on Information Theory*, 24(5), 525-530.

Pataki, G., Tural, M., & Wong, E. B. (2010). Basis reduction and the complexity of branch-and-bound. In *Proceedings of the Twenty-first Annual ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms* (pp. 1254-1261). Society for Industrial and Applied Mathematics.

Shamir, A. (1983). Embedding cryptographic trapdoors in arbitrary knapsack systems. *Information Processing Letters*, 17(2), 77-79.

MULTILINEAR COMMUTATORS GENERATED BY LUSIN-AREA INTEGRAL AND LOCAL CAMPANATO FUNCTIONS ON GENERALIZED VANISHING LOCAL MORREY SPACES

Assoc. Prof. Dr. Ferit GÜRBÜZ

Hakkari University, Faculty of Education, Department of Mathematics Education, Hakkari
30000, Turkey

ABSTRACT

Suppose that $S^{n-1} = \{x \in \mathbb{R}^n : |x| = 1\}$ is the unit sphere in \mathbb{R}^n ($n \geq 2$) equipped with the normalized Lebesgue measure $d\sigma$. Let $\Omega \in L_s(S^{n-1})$, $1 < s \leq \infty$. Ω is the function defined on $\mathbb{R}^n \setminus \{0\}$ satisfying the homogeneous of degree zero condition, that is, $\Omega(\lambda x) = \Omega(x)$ for any $\lambda > 0, x \in \mathbb{R}^n \setminus \{0\}$ and the integral zero property (=the vanishing moment condition) over the unit sphere S^{n-1} , that is, $\int_{S^{n-1}} \Omega(x') d\sigma(x') = 0$, where $x' = \frac{x}{|x|}$ for any $x \neq 0$.

The Lusin-area integral is defined by

$$\mu_{\Omega,S}(f)(x) = \left(\int \int_{\Gamma(x)} \left| \frac{1}{t} \int_{|y-z|<t} \frac{\Omega(y-z)}{|y-z|^{n-1}} f(z) dz \right|^2 \frac{dy dt}{t^{n+1}} \right)^{\frac{1}{2}}, \text{ where } \Gamma(x) = \{(y, t) \in \mathbb{R}_+^{n+1} : |x - y| < t\} \text{ and } \mathbb{R}_+^{n+1} = \mathbb{R}^n \times (0, \infty).$$

Moreover, let $b_i (i = 1, \dots, m)$ be locally integrable functions on \mathbb{R}^n , then the multilinear commutator generated by $\vec{b} = (b_1, \dots, b_m)$ and $\mu_{\Omega,S}$ is given as follows:

$$\mu_{\Omega,S}^{\vec{b}}(f)(x) = \left(\int \int_{\Gamma(x)} \left| \frac{1}{t} \int_{|y-z|<t} \prod_{i=1}^m \frac{\Omega(y-z)}{|y-z|^{n-1}} [b_i(x) - b_i(z)] f(z) dz \right|^2 \frac{dy dt}{t^{n+1}} \right)^{\frac{1}{2}}.$$

Inspired by [4,5], in this work, we consider the boundedness of multilinear commutators generated by Lusin-area integral and local Campanato functions on generalized vanishing local Morrey spaces.

Keywords: Lusin-area integral; commutator; local Campanato function; generalized vanishing local Morrey spaces.

1. INTRODUCTION

Suppose that $S^{n-1} = \{x \in \mathbb{R}^n : |x| = 1\}$ is the unit sphere in \mathbb{R}^n ($n \geq 2$) equipped with the normalized Lebesgue measure $d\sigma$.

Let $\Omega \in L_s(S^{n-1})$, $1 < s \leq \infty$. Ω is the function defined on $\mathbb{R}^n \setminus \{0\}$ satisfying the homogeneous of degree zero condition, that is,

$$\Omega(\lambda x) = \Omega(x) \text{ for any } \lambda > 0, x \in \mathbb{R}^n \setminus \{0\}$$

and the integral zero property (=the vanishing moment condition) over the unit sphere S^{n-1} , that is,

$$\int_{S^{n-1}} \Omega(x') d\sigma(x') = 0, \tag{1}$$

where $x' = \frac{x}{|x|}$ for any $x \neq 0$. The Lusin-area integral is defined by

$$\mu_{\Omega,S}(f)(x) = \left(\int \int_{\Gamma(x)} \left| \frac{1}{t} \int_{|y-z|<t} \frac{\Omega(y-z)}{|y-z|^{n-1}} f(z) dz \right|^2 \frac{dydt}{t^{n+1}} \right)^{\frac{1}{2}},$$

where $\Gamma(x) = \{(y, t) \in \mathbb{R}_+^{n+1}: |x - y| < t\}$ and $\mathbb{R}_+^{n+1} = \mathbb{R}^n \times (0, \infty) (n \geq 2)$.

Moreover, let $b_i (i = 1, \dots, m)$ be locally integrable functions on \mathbb{R}^n , then the multilinear commutator generated by $\vec{b} = (b_1, \dots, b_m)$ and $\mu_{\Omega,S}$ is given as follows:

$$\mu_{\Omega,S}^{\vec{b}}(f)(x) = \left(\int \int_{\Gamma(x)} \left| \frac{1}{t} \int_{|y-z|<t} \prod_{i=1}^m \frac{\Omega(y-z)}{|y-z|^{n-1}} [b_i(x) - b_i(z)] f(z) dz \right|^2 \frac{dydt}{t^{n+1}} \right)^{\frac{1}{2}}.$$

It is well known that the Lusin-area integral plays an important role in harmonic analysis and PDE (for example, see [1-5,7]). Therefore, it is a very interesting problem to discuss the boundedness of the Lusin-area integral. In [1], Ding et al. studied the weighted L_p boundedness of the area integral $\mu_{\Omega,S}$. In [7], the authors investigated the boundedness of $\mu_{\Omega,S}$ on the weighted Morrey spaces. The commutators generated by $\mu_{\Omega,S}$ attracted much attention too. In [2] and [3], the authors discussed the weighted L_p boundedness and endpoint estimates for the higher order commutators generated by $\mu_{\Omega,S}$ and BMO function, respectively. Finally, inspired by [5], in [4], the author has considered the boundedness of multilinear commutators generated by Lusin-area integral and local Campanato functions on generalized local Morrey spaces. Using the pointwise estimate of $\mu_{\Omega,S}^{\vec{b}}$ and the definition of generalized local Morrey space, he has studied the boundedness of the $\mu_{\Omega,S}^{\vec{b}}$ on generalized local Morrey spaces, which extend the previous results. Also, the techniques and non-trivial estimates which have been used in the proof of his main result are quite different from [5]. For example, using inequality about the weighted Hardy operator H_w in [5], in [4] he has only used the following relationship between essential supremum and essential infimum

$$\left(\text{essinf}_{x \in E} f(x) \right)^{-1} = \text{esssup}_{x \in E} \frac{1}{f(x)},$$

where f is any real-valued nonnegative function and measurable on E (see [4] for more details).

First of all, we recall some basic definitions and notations used in the paper.

Here and henceforth, $F \approx G$ means $F \gtrsim G \gtrsim F$; while $F \gtrsim G$ means $F \geq CG$ for a constant $C > 0$; and C stands for a positive constant that can change its value in each statement without explicit mention. Throughout the paper we assume that $x \in \mathbb{R}^n$ and $r > 0$, and also let $B(x, r)$ denote the open ball centered at x of radius r , $B^c(x, r)$ denote its complement and $|B(x, r)|$ be the Lebesgue measure of the ball $B(x, r)$, and $|B(x, r)| = v_n r^n$, where $v_n = |B(0,1)|$.

The theory of boundedness of classical operators of the real analysis, such as the maximal operator, fractional maximal operator, Riesz potential and the singular integral operators etc, from one Lebesgue space to another one is well studied by now. These results have good applications in the theory of partial differential equations. However, in the theory of partial differential equations, along with Lebesgue spaces, Morrey spaces also play an important role. The classical Morrey spaces $L_{q,\lambda}$ were introduced by Morrey [6] in 1938 to study the local behavior of solutions of second order elliptic partial differential equations (PDEs). And, we recall the definitions of generalized local (central) Morrey space $LM_{q,\varphi}^{\{x_0\}}$ and local Campanato space $LC_{q,\lambda}^{\{x_0\}}$ in the following.

DEFINITION 1 [4] (Generalized local (central) Morrey space) Let $\varphi(x, r)$ be a positive measurable function on $\mathbb{R}^n \times (0, \infty)$ and $1 \leq q < \infty$. For any fixed $x_0 \in \mathbb{R}^n$ we denote by $LM_{q,\varphi}^{\{x_0\}} \equiv LM_{q,\varphi}^{\{x_0\}}(\mathbb{R}^n)$ the generalized local Morrey space, the space of all functions $f \in L_q^{loc}(\mathbb{R}^n)$ with finite quasinorm

$$\|f\|_{LM_{q,\varphi}^{\{x_0\}}} = \sup_{r>0} \varphi(x_0, r)^{-1} |B(x_0, r)|^{-\frac{1}{q}} \|f\|_{L_q(B(x_0, r))} < \infty.$$

And we denote

$$LM_{q,\varphi}^{\{x_0\}} \equiv LM_{q,\varphi}^{\{x_0\}}(\mathbb{R}^n) = \left\{ f \in L_q^{loc}(\mathbb{R}^n) : \|f\|_{LM_{q,\varphi}^{\{x_0\}}} < \infty \right\}.$$

According to this definition, we recover the local Morrey space $LL_{q,\lambda}^{\{x_0\}}$ under the choice

$$\varphi(x_0, r) = r^{\frac{\lambda-n}{q}} :$$

$$LL_{q,\lambda}^{\{x_0\}} = LM_{q,\varphi}^{\{x_0\}} \Big|_{\varphi(x_0, r) = r^{\frac{\lambda-n}{q}}}$$

For brevity, in the sequel we use the following notation

$$\mathfrak{M}_{q,\varphi}(f; x_0, r) := \frac{|B(x_0, r)|^{-\frac{1}{q}} \|f\|_{L_q(B(x_0, r))}}{\varphi(x_0, r)}.$$

Extending the definition of the vanishing Morrey spaces to the case of the generalized local (central) Morrey spaces, we introduce the following definition.

DEFINITION 2 (generalized vanishing local Morrey space) The generalized vanishing local Morrey space $VLM_{q,\varphi}^{\{x_0\}}(\mathbb{R}^n)$ is defined as the spaces of functions $f \in LM_{q,\varphi}^{\{x_0\}}(\mathbb{R}^n)$ such that

$$\lim_{r \rightarrow 0^+} \sup_{r > 0} \mathfrak{M}_{q,\varphi}(f; x_0, r) = 0.$$

Everywhere in the sequel we assume that

$$\lim_{r \rightarrow 0^+} \frac{\frac{n}{r^q}}{\inf_{r > 0} \varphi(x_0, r)} = 0, \tag{2}$$

and

$$\sup_{0 < r < \infty} \frac{\frac{n}{r^q}}{\inf_{r > 0} \varphi(x_0, r)} < \infty, \tag{3}$$

which make the spaces $VLM_{q,\varphi}^{\{x_0\}}(\mathbb{R}^n)$ non-trivial, since bounded functions with compact support belong to this space. The space $VLM_{q,\varphi}^{\{x_0\}}(\mathbb{R}^n)$ is a Banach space with respect to the norm

$$\|f\|_{VLM_{q,\varphi}^{\{x_0\}}} \equiv \|f\|_{LM_{q,\varphi}^{\{x_0\}}} = \sup_{r > 0} \mathfrak{M}_{q,\varphi}(f; x_0, r).$$

The space $VLM_{q,\varphi}^{\{x_0\}}(\mathbb{R}^n)$ is a closed subspace of the Banach space $LM_{q,\varphi}^{\{x_0\}}(\mathbb{R}^n)$, which may be shown by standard means.

DEFINITION 3 [4] Let $1 \leq q < \infty$ and $0 \leq \lambda < \frac{1}{n}$. A local Campanato function $b \in L_q^{loc}(\mathbb{R}^n)$ is said to belong to the $LC_{q,\lambda}^{\{x_0\}}(\mathbb{R}^n)$ (local Campanato space), if

$$\|b\|_{LC_{q,\lambda}^{\{x_0\}}} = \sup_{r > 0} \left(\frac{1}{|B(x_0, r)|^{1+\lambda q}} \int_{B(x_0, r)} |b(y) - b_{B(x_0, r)}|^q dy \right)^{\frac{1}{q}} < \infty,$$

where

$$b_{B(x_0, r)} = \frac{1}{|B(x_0, r)|} \int_{B(x_0, r)} b(y) dy.$$

Define

$$LC_{q,\lambda}^{\{x_0\}}(\mathbb{R}^n) = \left\{ b \in L_q^{loc}(\mathbb{R}^n) : \|b\|_{LC_{q,\lambda}^{\{x_0\}}} < \infty \right\}.$$

Inspired by [4,5], in this work, we consider the boundedness of multilinear commutators generated by Lusin-area integral and local Campanato functions on generalized vanishing local Morrey spaces. Using the pointwise estimate of $\mu_{\Omega, S}^{\vec{b}}$ and the definition of generalized

vanishing local Morrey space, we study the boundedness of the $\mu_{\Omega,S}^{\vec{b}}$ on generalized vanishing local Morrey spaces, which extend the previous results.

2. MAIN RESULT

Now we are ready to give the following main result with their proof.

THEOREM 1 Let $x_0 \in \mathbb{R}^n$, $\Omega \in L_s(S^{n-1})$, $1 < s \leq \infty$ satisfy (1) and $\max\{s', 2\} < q < \infty$, where $s' = \frac{s}{s-1}$ is the conjugate exponent of s . Let also $1 < p, q_1, q_2, \dots, p_m < \infty$ with $\frac{1}{q} = \sum_{i=1}^m \frac{1}{q_i} + \frac{1}{p}$ and $b_i \in LC_{q_i, \lambda_i}^{\{x_0\}}(\mathbb{R}^n)$ for $0 \leq \lambda_i < \frac{1}{n}$, $i = 1, \dots, m$. Let also the pair (φ_1, φ_2) satisfies conditions (2)-(3) and

$$\int_r^\infty \left(1 + \ln \frac{t}{r}\right)^m \varphi_1(x_0, t) \frac{t^{\frac{n}{p}}}{t^{n\left(\frac{1}{q} - (\sum_{i=1}^m \lambda_i + \frac{1}{p})\right) + 1}} dt \leq C_0 \varphi_2(x_0, r), \quad (4)$$

where C_0 does not depend on $r > 0$,

$$\lim_{r \rightarrow 0} \frac{\ln \frac{1}{r}}{\inf_{r > 0} \varphi_2(x_0, r)} = 0 \quad (5)$$

and

$$C_\delta := \int_\delta^\infty \left(1 + \ln|t|\right)^m \sup_{t > 0} \varphi_1(x_0, t) \frac{t^{\frac{n}{p}}}{t^{n\left(\frac{1}{q} - (\sum_{i=1}^m \lambda_i + \frac{1}{p})\right) + 1}} dt < \infty \quad (6)$$

for every $\delta > 0$.

Then the operator $\mu_{\Omega,S}^{\vec{b}}$ is bounded from $VLM_{p, \varphi_1}^{\{x_0\}}$ to $VLM_{q, \varphi_2}^{\{x_0\}}$. Moreover,

$$\left\| \mu_{\Omega,S}^{\vec{b}} f \right\|_{VLM_{q, \varphi_2}^{\{x_0\}}} \lesssim \prod_{i=1}^m \|b_i\|_{LC_{q_i, \lambda_i}^{\{x_0\}}} \|f\|_{VLM_{p, \varphi_1}^{\{x_0\}}}. \quad (7)$$

PROOF. The estimation of (7) follows from Theorem 4.1 in [5] and (4). That is,

$$\begin{aligned} \left\| \mu_{\Omega,S}^{\vec{b}} f \right\|_{VLM_{q, \varphi_2}^{\{x_0\}}} &= \sup_{r > 0} \frac{|B(x_0, r)|^{-\frac{1}{q}} \|\mu_{\Omega,S}^{\vec{b}} f\|_{L_q(B(x_0, r))}}{\varphi_2(x_0, r)} \\ &\lesssim \prod_{i=1}^m \|b_i\|_{LC_{q_i, \lambda_i}^{\{x_0\}}} \sup_{r > 0} \frac{1}{\varphi_2(x_0, r)} \int_r^\infty \left(1 + \ln \frac{t}{r}\right)^m \frac{t^{\frac{n}{p}}}{t^{n\left(\frac{1}{q} - (\sum_{i=1}^m \lambda_i + \frac{1}{p})\right) + 1}} \varphi_1(x_0, t) \left[\frac{\|f\|_{L_p(B(x_0, t))}}{\varphi_1(x_0, t) t^{\frac{n}{p}}} \right] dt \\ &\lesssim \prod_{i=1}^m \|b_i\|_{LC_{q_i, \lambda_i}^{\{x_0\}}} \|f\|_{VLM_{p, \varphi_1}^{\{x_0\}}} \sup_{r > 0} \frac{1}{\varphi_2(x_0, r)} \int_r^\infty \left(1 + \ln \frac{t}{r}\right)^m \frac{t^{\frac{n}{p}}}{t^{n\left(\frac{1}{q} - (\sum_{i=1}^m \lambda_i + \frac{1}{p})\right) + 1}} \varphi_1(x_0, t) dt \\ &\lesssim \prod_{i=1}^m \|b_i\|_{LC_{q_i, \lambda_i}^{\{x_0\}}} \|f\|_{VLM_{p, \varphi_1}^{\{x_0\}}}. \end{aligned}$$

Now, let us show that

$$\lim_{r \rightarrow 0^+} \sup_{r > 0} \frac{r^{-\frac{n}{q}} \|\mu_{\Omega, S}^{\bar{b}} f\|_{L_q(B(x_0, r))}}{\varphi_2(x_0, r)} = 0.$$

For $0 < r < \delta_0 < \infty$, by Theorem 4.1 in [5], we have

$$\frac{r^{-\frac{n}{q}} \|\mu_{\Omega, S}^{\bar{b}} f\|_{L_q(B(x_0, r))}}{\varphi_2(x_0, r)} \leq C [I_{\delta_0}(x_0, r) + J_{\delta_0}(x_0, r)], \quad (8)$$

where

$$I_{\delta_0}(x_0, r) := \prod_{i=1}^m \|b_i\|_{L_{C_{q_i, \lambda_i}}^{\{x_0\}}} \frac{r^{\frac{n}{q}}}{\varphi_2(x_0, r)} \int_r^{\delta_0} \left(1 + \ln \frac{t}{r}\right)^m \varphi_1(x_0, t) \frac{t^{\frac{n}{p}}}{t^{n\left(\frac{1}{q} - (\sum_{i=1}^m \lambda_i + \frac{1}{p})\right) + 1}} \\ \times \sup_{0 < r < t} \left[\frac{\|f\|_{L_p(B(x_0, t))}}{\varphi_1(x_0, t) t^{\frac{n}{p}}} \right] dt,$$

and

$$J_{\delta_0}(x_0, r) := \prod_{i=1}^m \|b_i\|_{L_{C_{q_i, \lambda_i}}^{\{x_0\}}} \frac{r^{\frac{n}{q}}}{\varphi_2(x_0, r)} \int_{\delta_0}^{\infty} \left(1 + \ln \frac{t}{r}\right)^m \varphi_1(x_0, t) \frac{t^{\frac{n}{p}}}{t^{n\left(\frac{1}{q} - (\sum_{i=1}^m \lambda_i + \frac{1}{p})\right) + 1}} \\ \times \sup_{0 < r < t} \left[\frac{\|f\|_{L_p(B(x_0, t))}}{\varphi_1(x_0, t) t^{\frac{n}{p}}} \right] dt.$$

For any $\epsilon > 0$, now we can choose any fixed $\delta_0 > 0$ such that whenever $r \in (0, \delta_0)$,

$$\sup_{r > 0} \sup_{0 < r < \delta_0} \frac{\|f\|_{L_p(B(x_0, r))}}{\varphi_1(x_0, r) r^{\frac{n}{p}}} < \frac{\epsilon}{2CC_0 \prod_{i=1}^m \|b_i\|_{L_{C_{q_i, \lambda_i}}^{\{x_0\}}}},$$

where C and C_0 are constants from (4) and (8), which is possible since $f \in VLM_{p, \varphi_1}^{\{x_0\}}$.

This allows to estimate the first term uniformly, for $0 < r < \delta_0$,

$$\sup_{r > 0} CI_{\delta_0}(x_0, r) < \frac{\epsilon}{2}.$$

For the second term, writing $1 + \ln \frac{t}{r} \leq 1 + |\ln t| + \ln \frac{1}{r}$, from (6), it follows that

$$J_{\delta_0}(x_0, r) \leq \prod_{i=1}^m \|b_i\|_{L_{C_{q_i, \lambda_i}}^{\{x_0\}}} \frac{C_{\delta_0} + \widetilde{C}_{\delta_0} \ln \frac{1}{r}}{\varphi_2(x_0, r)} r^{\frac{n}{q}} \|f\|_{VLM_{p, \varphi_1}^{\{x_0\}}},$$

where C_{δ_0} is the constant from (6) with $\delta = \delta_0$ and \widetilde{C}_{δ_0} is a similar constant with omitted logarithmic factor in the integrand. Since φ_2 satisfies conditions (2)-(3) and by (5), it is sufficient to choose r small enough such that

$$\sup_{r>0} \frac{r^n}{\varphi_2^q(x_0, r)} \leq \left(\frac{\epsilon}{2CC_{\delta_0}\|f\|_{VLM_{p,\varphi_1}^{x_0}}} \right)^q.$$

Hence,

$$\sup_{r>0} CJ_{\delta_0}(x_0, r) < \frac{\epsilon}{2}.$$

As a result,

$$\frac{r^{-\frac{n}{q}} \|\mu_{\Omega, S}^{\bar{b}}\|_{L_q(B(x_0, r))}}{\varphi_2(x_0, r)} < \epsilon,$$

which means that

$$\lim_{r \rightarrow 0^+} \sup_{r>0} \frac{r^{-\frac{n}{q}} \|\mu_{\Omega, S}^{\bar{b}}\|_{L_q(B(x_0, r))}}{\varphi_2(x_0, r)} = 0,$$

which completes the proof of (7). Therefore, the proof of Theorem 2 is completed.

REFERENCES

- [1] Y. Ding Y, D. Fan and Y. Pan, Weighted boundedness for a class of rough Marcinkiewicz integrals, India Univ. Math. J., 48 (3) 1999, 1037-1055.
- [2] Y. Ding Y, S. Lu and K. Yabuta, On commutators of Marcinkiewicz integrals with rough kernel, J. Math. Anal. Appl., 27 5(1) 2002, 60-68.
- [3] Y. Ding and Q. Xue, Endpoint estimates for commutators of a class of Littlewood-Paley operators, Hokkaido. Math. J., 36 (2) 2007, 245-282.
- [4] F. Gürbüz, The boundedness of multilinear commutators generated by Lusin-Area integral and local Campanato functions on generalized local Morrey spaces, Ankara International Congress on Scientific Researches, Ankara, 39-44. ISBN: 978-605-7811-18-9.
- [5] H. Mo, R. Ma and X. Wang, Commutators generated by Lusin-area integral and local Campanato functions on generalized local Morrey spaces, J. of Math. (PRC), 38 (3) 2018, 381-391.
- [6] C. B. Morrey, On the solutions of quasi-linear elliptic partial differential equations, Trans. Amer. Math. Soc. 43 (1938), 126-166.
- [7] S. Tao and X. Wei, Boundedness of Littlewood-Paley operators with rough kernels on the weighted Morrey spaces, J. Lanzhou Univ., 49 (3) 2013, 400-404.

ST-DBSCAN ALGORİTMASININ KONUM VERİLERİ ÜZERİNDE UYGULANMASI VE RUTİNLERİN TESPİTİ

Mustafa Tolga DATLICA

ATEL Teknoloji ve Savunma Sanayi A.Ş.

Doç. Dr. Erman ÇAKIT

Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

ÖZET

Çalışma kapsamında, takip cihazı ile konum ve zaman verileri toplanmıştır. Toplanan veriler üzerinde ST-DBSCAN yoğunluk bazlı kümeleme algoritması kullanılarak takip edilen nesneye ait haftalık örüntüler tespit edilmiştir. Kümeleme algoritmalarına ilişkin araştırma yapılmış olup, ST-DBSCAN algoritmasına ilişkin avantajlar listelenmiştir. Takip cihazından toplanan veriler incelenmiş ve seçilen algoritma ile çalışabilmesi için işlemler uygulanmıştır. Çalışma kapsamında, belirli zaman aralıklarında toplanan veriler, ST-DBSCAN algoritmasının farklı zaman aralıklarında uygulanması adına seyreltilerek çoğaltılmıştır. Farklı zaman aralıklarında toplanan verilere ST-DBSCAN algoritması uygulanmış ve algoritmanın girdi parametreleri tespit edilmiştir. Takip edilen nesneye ait bilgiler kullanılarak, 2 haftalık örüntüler çalışma kapsamında geliştirilen yöntemler ile tespit edilmiştir. Bu örüntüler, takip edilen nesneye ait normal davranışlar olarak kabul edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kümeleme Algoritmaları, ST-DBSCAN, Takip Cihazları, Makine Öğrenmesi Algoritmaları, Gözetimsiz Öğrenme

ABSTRACT

Within the scope of the study, location and time data were collected with the tracking device. On the collected data, weekly patterns of the tracked object were determined using ST-DBSCAN density based clustering algorithm. Clustering algorithms have been researched and advantages of ST-DBSCAN algorithm are listed. The data collected from the tracked device was analyzed and procedures were performed to work with the selected algorithm. Within the scope of the study, the data collected at certain time intervals were reduced and replicated to implement the ST-DBSCAN algorithm at different time intervals. ST-DBSCAN algorithm was applied to the data collected at different time intervals and the input parameters of the algorithm were determined. Using the information of the tracked object, the 2-week patterns were determined with the methods developed within the scope of the study. These patterns were considered normal behaviors of the object being traced.

Keywords: Clustering Algorithms, ST-DBSCAN, Tracking Devices, Machine Learning Algorithms, Unsupervised Learning

GİRİŞ

Teknolojideki gelişmeler takip cihazlarının gözle görülür oranda küçülmesi ile sonuçlanmıştır. Bu kapsamda giyilebilir cihazlardan cep telefonlarına kadar birçok cihazdan milyonlarca konum bilgisi toplanmaktadır. Toplanan bu cihazlar her ne kadar takip için kullanılsa da toplanan bu verilerden birtakım analizler yapılabilir. Bu kapsamda cihazlardan elde edilen verilerin anlamlandırılması, konum bilgileri üzerinden örüntülerin tanımlanması gibi işlemler yapılabilir. Bilgisayarda bu tür işlemleri gerçekleştirebilmek için algoritmalar kullanılır. Takip cihazları üzerinden gelen verilerin belirli coğrafik bölgeler arasında olup olmadığı kontrol eden sanal çit uygulamaları mevcuttur. Ancak bunlar kullanıcı tanımına dayanmakta ve her kullanıcı ya da takip cihazı ayrı ayrı tanım gerektirmektedir. Bir alanda uzman sayısı az ya da her bir durum için tanım yapılması gerekiyor ise makine öğrenimi uygulamaları yararlı olabilir. Makine öğrenimi uygulamalarından birisi de örüntü tanımadır. Bu alanda özellikle kümeleme algoritmaları ya da kümeleme analizi etkili olabilir. Kümeleme algoritmaları özellikle gözetimsiz öğrenmede sıkça kullanılmaktadır. Kümeleme algoritmalarının temel motivasyonu, bir veri kümesi içerisindeki benzer verileri gruplaması ve bu grupları kümeler olarak tanımlaması olarak tanımlanabilir. Takip cihazlarından gelen veriler üzerinde de kümeleme algoritmaları kullanılarak zaman ve mekân boyutlarında veriler gruplanabilir. Böylece takip edilen nesneye ilişkin zaman ve konum örüntüleri tespit edilebilir. Bu çalışma kapsamında, takip cihazlarından toplanan verilere gözetimsiz öğrenme yöntemlerinden olan kümeleme algoritmaları kullanarak, örüntülerin tespiti yapılmıştır.

MATERYAL

Konum verilerini toplamak üzere ATEL Teknoloji ve Savunma Sanayi A.Ş. tarafından geliştirilen AKTS (ATEL Kutu Takip Sistemi) takip cihazı kullanılmıştır. Çalışma kapsamında tüm takip cihazlarından ortak olan zaman, enlem ve boylam bilgileri kullanılmıştır.

YÖNTEM

Kümeleme ya da diğer bir adı ile öbekleme en çok kullanılan gözetimsiz öğrenme metotlarından birisidir. Öbekleme, büyük veri kümeleri içerisindeki verilerin benzerliklerine göre kümelенmesidir. Öbekleme algoritmalarının uzamsal veriler üzerinde birkaç avantajından bahsedilebilir.

Bunlar:

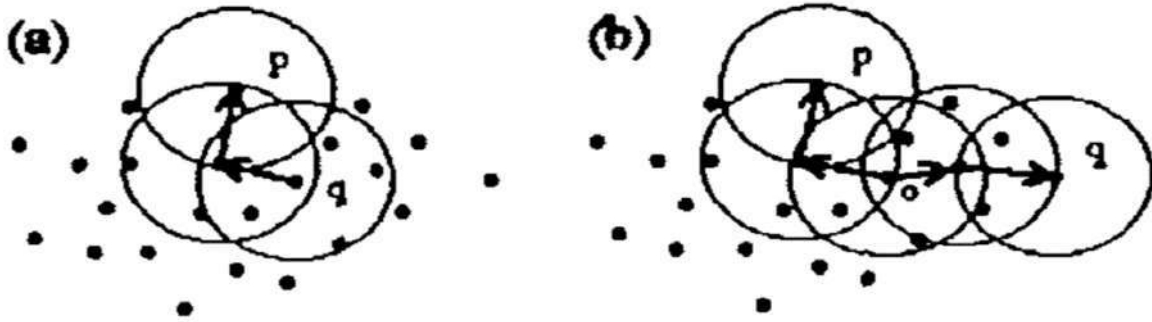
- Uzamsal verileri yorumlamak için minimum girdiye ihtiyaç duyarlar.
- Öbeklerin şekli küresel, doğrusal ya da keyfi olabilir.
- Büyük veri tabanlarında verimli çalışırlar.

olarak sıralanabilir [3]. Çalışma kapsamında koordinat sistemi üzerinde konuma ve zamana göre binlerce veri toplanmıştır. Bu kapsamdan bu noktalar kendi aralarındaki benzerliklere ya da yakınlık derecelerine göre kümelere ayrılabilir. Bu sayede kümelerin yoğunluklarına göre bir tahmin yapılabilir. Bu aşamada yoğunluk bazlı çalışan algoritmalar kullanılabilir.

Çalışma kapsamında yoğunluk bazlı algoritmalar karşılaştırılmış ve incelenmiştir. Bunlardan birisi de DBSCAN (A Density-Based Algorithm for Discovering Clustersin Large Spatial

Databases with Noise) algoritmasıdır. DBSCAN algoritması yoğunluk tabanlı kümeleme algoritmasıdır [3]. Algoritma temel olarak şöyle çalışır:

DBSCAN algoritması için çekirdek nesne, Eps, MinPts, doğrudan yoğunluk erişilebilir nokta, yoğunluk erişilebilir nokta, yoğunluk bağlı nokta terimleri temel kavramlardır. Algoritma, Eps ve MinPts değerlerini giriş parametresi olarak alır. Veri tabanındaki herhangi bir nesneden başlayarak tüm nesnelere kontrol eder. Eğer kontrol edilen nesne daha önce bir kümeye dahil edilmiş ise işlem yapmadan diğer nesneye geçer. Eğer nesne daha önce kümelanmemiş ise, bir bölge sorgusu (Region Query) yaparak nesnenin Eps komşuluğundaki komşularını bulur. Komşu sayısı MinPts'den fazla ise, bu nesne ve komşularını yeni bir küme olarak adlandırır. Daha sonra, önceden kümelanmemiş her bir komşu için yeni bölge sorgusu yaparak yeni komşular bulur. Bölge sorgusu yapılan noktaların komşu sayıları MinPts'den fazla ise kümeye dahil eder [2].



Şekil 2. DBSCAN algoritmasının nasıl çalıştığına ilişkin görünüm

DBSCAN algoritmasının belli başlı avantajları şöyle sıralanabilir:

- Rastgele şekillere (doğrusal, iç bükey) sahip öbekleri keşfetme yeteneği vardır [1].
- Öbek sayısının önceden belirlenmesine ihtiyaç duymaz [1].
- Çok büyük veriye sahip veri tabanlarına dahi uygulanabilir [3].
- Uzamsal veri üzerine odaklıdır [3].
- Gürültüler kolayca tespit edilebilir ve ilgi alanı dışında tutulabilir.[3].

Uzamsal veri gibi enlem ve boylamdan oluşan 2 boyutlu verilerin öbeklenebilmesi için DBSCAN algoritması yukarıda bahsedilen sebeplerden ötürü avantajlıdır. Öte yandan çalışma kapsamında zaman parametresi de bulunmaktadır. Zaman saniye, dakika, saat gibi birimlere sahip iken, diğerleri metre, kilometre birimleri ile ifade edilir. Bu yüzden uzamsal-zamansal veriyi öbekleyebilecek bir özel algoritmaya ihtiyaç duyarız. Bu tür bir algoritma coğrafi bilgi sistemleri, tıbbi görüntüleme ve hava tahmini gibi birçok uygulamada kullanılabilir [1]. Buna uygun olarak ST-DBSCAN (Spatial-Temporal Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise) algoritması kullanılabilir. ST-DBSCAN algoritmasının DBSCAN algoritmasına göre birkaç iyileştirmesi vardır. Bunlar:

- Zaman ve koordinat bilgilerine özgü öbekleme yapabilir
- DBSCAN farklı yoğunluktaki kümeler bulunduğunda bazı gürültü noktalarını tespit edemiyor. Öte yandan ST-DBSCAN algoritması zaman ve koordinat bazlı yapabilir
- Algoritmanın zamansal ve uzamsal olarak farklı sınır nesnelere sahip olduğundan ayrışmaları daha kolay olur

olarak sıralanabilir [1]. DBSCAN algoritması Eps ve MinPts parametrelerini kullanır iken, ST-DBSCAN algoritması 4 parametreye ihtiyaç duyar [1]. Eps1 parametresi enlem ve boylam cinsinden olan uzamsal verinin olması gereken uzaklığıdır. Eps2 parametresi ise uzamsal olmayan verinin uzaklık mesafesini temsil eder. MinPts ise Eps1 ve Eps2 değerlerini sağlayan, küme oluşturmak için gerekli olan en az eleman sayısıdır. ΔE ise seçilen küme ortalaması ile yeni gelen değer arasında bulunması gereken eşik değeridir. Algoritmaya ilişkin detay bilgi şekildeki gibidir.

Çalışma kapsamında girdi parametrelerinin elde edilen örüntüler üzerinde etkili olabileceği göz önünde bulundurulmuş olup, elde edilecek olan örüntüler, takip cihazı ile takip edilen nesnenin rutinleri göz önünde bulundurularak doğrulanmıştır. Bu kapsamda girdi parametreleri listelenmiş ve davranışları incelenmiştir.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

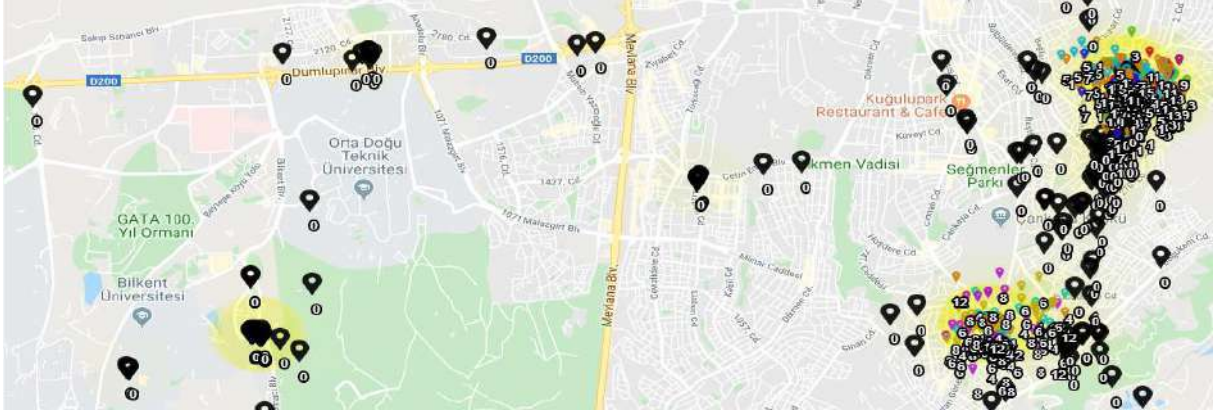
Çalışma kapsamında AKTS cihazı 5 dakika aralıklarla veri göndermiş olup, toplamda 5558 adet konum verisi toplanmıştır. Daha sonra veriler 5, 10, 15, 20, 25, 30 ve 60 dakika aralıklarla seyreltilerek farklı veri kümeleri oluşturulmuştur.

Tablo 2. Zaman aralıklarına göre konum veri paketi sayısı

Hafta Sayısı	Veri Gönderme Sıklığı	Veri Paketi Sayısı
4	5	5558
4	10	2894
4	15	1969
4	20	1693
4	25	1407
4	30	1193
4	60	635

Çalışmada kullanılacak olan verilerin elde edilebilmesi için 1 haftalık 4 veri paketinin kombinasyonları alınarak 6 farklı 2 haftalık veriler elde edilmiştir. Ek olarak zaman verisinin komşuluğunu kullanabilmek için Pazartesi 00:01 zamanı 1 dakika alınmış olup, her geçen dakika üzerine eklenerek 1 haftalık 10080 dakika zaman verisi oluşturulmuştur.

Çalışma kapsamında, ST-DBSCAN algoritması hazırlanmış veriler üzerine uygulanmıştır. Veriler uygulanır iken ST-DBSCAN algoritmasının girdileri olan Epsilon1, Epsilon2 ve MinPoints parametrelerinin seçimine dikkat edilmiştir. ST-DBSCAN algoritmasının uygulanması ile veriler üzerinden elde edilen konum kümeleri incelenmiştir. İnceleme sonucunda, algoritmanın kümeleri ve gürültüleri düzgün şekilde tespit ettiği anlaşılmıştır.



Şekil 6 ST-DBSCAN algoritmasının sonuçlarının harita üzerinde gösterimi

Daha sonra 2 haftalık kombinasyonlar şeklinde oluşturulan konum verileri üzerinde ST-DBSCAN algoritması uygulanmış olup, takip edilen nesnenin konum davranışlarını düzgün şekilde ortaya koyan algoritma girdi parametreleri toplanmıştır.

Tablo 4. 5 dakika aralıklarla toplanmış 1. hafta ve 4. hafta verileri üzerinde ST-DBSCAN algoritmasının tespit ettiği rutinler

Küme Numarası	Enlem	Boylam	Başlangıç Zamanı	Bitiş Zamanı	Açık Adres Bilgisi
1	39.90777	32.88257	Pazar 21:39	Pazartesi 07:56	244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye
2	39.90773	32.88234	Pazar 00:02	Pazar 15:12	Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye
3	39.90762	32.88261	Cumartesi 21:19	Cumartesi 23:59	244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye
4	39.90603372	32.88077957	Cuma 18:58	Cumartesi 08:22	Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye

SONUÇ VE ÖNERİLER

ST-DBSCAN algoritması ile konum ve zaman verilerine ilişkin rutinlerin tespit edilebileceği görülmüştür. Çalışma kapsamında, dışarıdan herhangi bir müdahaleye gerek kalmadan, takip edilen nesnenin rutinlerini ortaya çıkarabilecek bir yöntem oluşturulmuştur. Üzerinde çalışılan veri yapısı tüm takip cihazları için ortak olduğu için, bu çalışma kapsamında elde edilen yararlı yöntem aynı zamanda çok farklı alanlarda kullanılabilir. Bazı rutinleri belirli olan kesimler için (çocuk, yaşlı, hasta vb.) uygulanan algoritmanın normal davranışları tespit edebileceği görülmüştür. Gelecek çalışmalar kapsamında çalışmada kullanılan takip cihazı gibi farklı veri gönderme sıklığına ayarlanabilen cihazlardan elde edilen verilerde, ST-DBSCAN algoritmasının kullanılabilmesi için girdi parametrelerini tahmin edebilecek bir model geliştirilebilir.

KAYNAKLAR

1. Birant, D. Kut, A. (2007). *ST-DBSCAN: An algorithm for clustering spatial-temporal data*. Data and Knowledge Engineering, 60, 208-221
2. Bilgin, T.T. Çamurcu, Y. (2005). *DBSCAN, OPTICS ve K-Means Kümeleme Algoritmalarının Uygulamalı Karşılaştırılması*. Politeknik Dergisi, 8 (2), 139-145.
3. Ester, M. Kriegel, H.-P. Sander, J. Xu, X. (1996). A density-based algorithm for discovering clusters a density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise. In E. Simoudis, J. Han, U. Fayyad (Eds.). *Proceedings of the Second International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*. American Association for Artificial Intelligence, Portland, pp. 226-231

(BIM) YAPI BİLGİ MODELLEMESİ'NİN TÜRKİYE İÇİN UYGULANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Gözde ŞAHİNKAYA

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Prof. Dr. Faik Ahmet SESLİ

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Doç. Dr. Varol KOÇ

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

ÖZET

Tüm ülkelerde inşaat sektörünün, ülkelerin ekonomisine katkıları incelendiğinde önemli bir yere sahip olduğu görülmektedir. Bu yüzden inşaat çalışmaları yapılırken güncel ihtiyaçlara cevap verilip verilemediği değerlendirilmelidir. Geleneksel yöntemler ihtiyaçlara cevap veremediği takdirde yeni bir çalışma sistemi için tüm disiplinler, kamu ve özel tüm kurumlar yeni bir proje yönetim anlayışı için çalışmalar yapmalıdır. Şuan ki mevcut durum incelendiğinde yapı sektörü daha kapsamlı projeler için yeni bir proje yönetimine ihtiyaç duymaktadır. Bundan dolayı yeni bir çalışma sistemi olan ve diğer ülkelerde de kullanımı yaygın olan BIM hakkında ülkemizde araştırmalar yapılmaya başlanmıştır. Ancak BIM ülkemizde henüz çok yeni bir sistem olmakla beraber yasal mevzuatlar konusunda da karşılığının tam anlamıyla bulunmadığı bir anlayıştır. Bunun için öncelikle yasal mevzuatlar hakkında çalışmalar yapıp, önce büyük ölçekli projelerde daha sonra çalışmaların kapsamı genişletilerek tüm projelerde BIM'in kullanılması yaygınlaştırılmalıdır. BIM kullanımı yaygınlaştığında inşaat sektörü gelişim açısından çığır niteliğinde bir adım atmış olacaktır. BIM; Projelerin üç boyutlu olarak hazırlandığı ve diğer tüm boyutlarının entegre edildiği, projede bulunan tüm kullanıcı ve paydaşları sistemde beraber çalışmaya teşvik eden, bilgi kirliliğini ortadan kaldıran, analiz yapma imkanı sunan ve tüm simülasyon testlerine cevap veren sadece bir bilgisayar programı olmayıp projenin tüm yaşam döngüsü boyunca varlığını sürdüren bir süreçtir. Bu araştırma kapsamında Türkiye'de BIM'in uygulanabilirliğinin değerlendirilmesi, BIM'e geçiş yapmak isteyen firmalar için izlenmesi gereken işlem adımları ve uygulama önerileri sunulması hedeflenmektedir. BIM'in uygulanabilirliğinin değerlendirilmesi için alanlarında ki uzman kişilerle anket çalışması yapılmıştır. Anket sonuçları ve yapılan çalışmalar neticesinde ülkemizde ki BIM olgusunun ne boyutta olduğu, BIM'e geçişi geciktiren sebeplerin neler olduğu konusunda fikir sahibi olunmuştur. Buna istinaden BIM'e geçiş için izlenecek adımlarlar belirlenmeye çalışılmış ve uygulama plan önerileri sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yapı Bilgi Modelleme, BIM, Yapı Sektörü.

ABSTRACT

When the contribution of the construction sector to the economy of the countries is examined in all countries, it is seen that it has an important place. Therefore, it should be evaluated whether the current needs can be met during the construction works. While traditional methods cannot meet the needs, all disciplines, public and private institutions for a new

working system should work for a new project management understanding. When the current situation is analyzed, the construction sector needs a new project management for more comprehensive projects. Therefore, researches have been started in Turkey about BIM, which is a new working system and is widely used in other countries. However, BIM is a very new system in our country, yet it is an understanding that the provision of legal regulations is not fully met. For this purpose, firstly, studies on legal regulations should be carried out, firstly in large-scale projects and then the scope of the studies should be expanded and the use of BIM in all projects should be expanded. When the use of BIM becomes widespread, the construction sector will have taken a groundbreaking step in terms of development. BIM; It is not only a computer program in which the projects are prepared in three dimensions and all other dimensions are integrated, encourages all users and stakeholders in the project to work together on the system, eliminates information pollution, provides analysis and responds to all simulation tests. is a process that continues. The evaluation of this research within the scope of the applicability of BIM in Turkey, the procedures to be followed for the companies who want to make the transition to BIM steps and is aimed to provide practice recommendations. In order to evaluate the applicability of BIM, a survey was conducted with experts in their fields. As a result of the survey results and studies, we have an idea about the extent of the BIM phenomenon in Turkey and the reasons that delay the transition to BIM. Accordingly, the steps to be followed for the transition to BIM were determined and implementation plan recommendations were presented.

Key Words: Building Information Modeling, BIM, Building Sector.

GİRİŞ

İnşaat sektörü gelişen teknoloji ve ihtiyaçların artmasından kaynaklı olarak büyük değişimler yaşamaktadır. Geleneksel yöntemlerle yapılan yapı projeleri günümüzde ki ihtiyaçlara yanıt vermekte zorlanmaktadır. Kapsamlı ve uluslararası standartlara uygun proje üretimini destekleyen yöntemlerin kullanımı geliştirilmelidir. Ülkemizde proje yapımı konusunda beraber çalışma eksikliği, üç boyutlu proje tasarım eksikliği, projelerde analizler yapıp çok boyutlu değerlendirme eksikliği vb. sebeplerden dolayı sorunlar yaşanmaktadır. Bu sorunlar projelerin yapım süresini uzatmakta ve maliyetini artırmaktadır (Çetinkaya, 2017). Bunların dışında yapım ve kontrol grubunun isteklerine yanıt veremeyen yazılım ve donanımlar kullanılmaktadır. Teknoloji sürekli gelişmekte ve bu gelişim de yeni istekleri beraberinde getirmektedir. Örneğin; akıllı bina tasarımları, çevreyle dost yapıların oluşturulmak istenmesi, kontrol grubunun daha kolay bir mekanizmayla kontrollerini sağlamak istemesi gibi çeşitli talepler mevcuttur. Günümüzde proje yapımında çoğunlukla kullanılan CAD yazılımları bu ihtiyaçları karşılayamamaktadır. Zamanında CAD yazılımlarına geçiş ihtiyacı nasıl hissedilmişse günümüzde de yeni bir proje yöntemim anlayışına ihtiyaç duyulmaktadır. BIM bu ihtiyaçlara cevap niteliği taşımaktadır. BIM, sahada uygulaması yapılacak yapının bilgisayar ortamında inşa edilip karşılaşılabilecek tüm problemlerin tespit edilmesini sağlamaktadır. BIM köklü bir değişimdir (Öktem, 2016). Bu çalışmada BIM'in yeni bir proje yönetim ihtiyacına uygun olup olmadığı incelenip sonuçlar sunulacaktır.

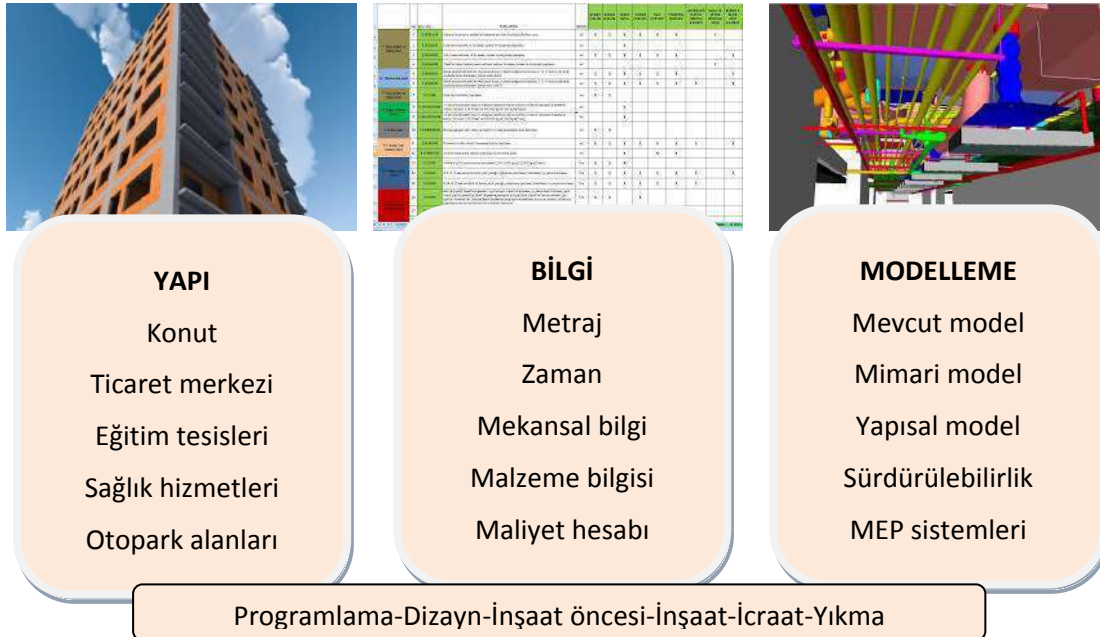
Yeni oluşturulan proje yönetimi tasarım aşamasından işletme aşamasına kadar ki tüm süreçlerde bulunan ve en az hatayla kurgulanmış şekilde olmalıdır. Ancak şuan ki çalışmalar, altlıklar ve yasal dayanaklar BIM ile çalışmaya uygun değildir. Bu durum BIM'e geçiş sürecini uzatmaktadır.

BIM tüm proje paydaşlarının bir arada çalışmasını sağlayıp çok boyutlu tasarım ile görsel sunum gerçekleştiren bir modeldir. BIM'i tecrübe edecek kurumlar veya şirketler için izlenecek işlem adımları belirlenmelidir. İzlenecek adımlar oluşturulurken daha önce BIM hakkında çalışmalar yapılmış olan ülkelerden, kurum veya kuruluşlardan destek alınabilir. Türkiye'de BIM uygulamaları şuan başlangıç seviyesinde ve geliştirilme sürecindedir. Geliştirilme aşamasında olan BIM kullanımı için neler yapılması gerektiği konusunda cevaplar aranmaktadır. Bu cevapların alınılıp gelişim gösterilebilmesi için Türkiye'de BIM'in uygulanabilirliğinin araştırılması gereklidir.

Çalışma sonucunda belirlenen adımlar BIM'e geçiş yapmayı düşünen firmaların neler yapması konusunda fikir sahibi olmalarına katkı sağlayacaktır. Önerilen işlem adımları geliştirildikçe BIM kullanımı yaygınlaşacak ve yeni bir proje yönetim anlayışı ülkemizde kullanılıp daha başarılı projelerin oluşturulması amaçlanmaktadır.

Yapı Bilgi Modelleme

(BIM) Yapı Bilgi Modeli: Programlama, tasarım, inşaat öncesi, yapım, inşa sonrası, analizler, simülasyon testleri, sürdürülebilirlik, yıkım gibi evreleri bünyesinde bulunduran bir süreçtir (Sarıçiçek, 2019).

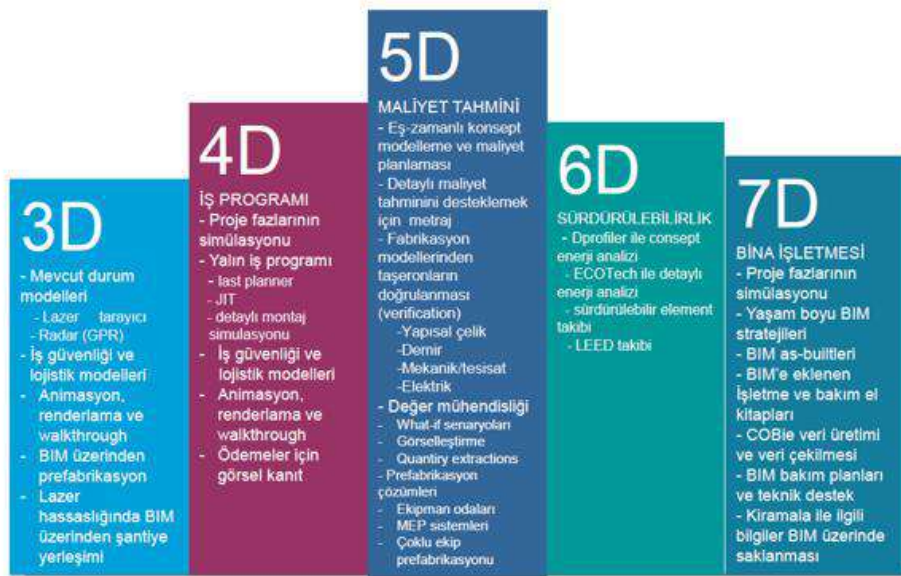


Şekil 1. BIM kavramının içinde bulunan kavramlar (Inusah, 2018)

Yapı sektörüne büyük değişimler yaşatan BIM birçok yeni kavramda yapı sektörüne kazandırmıştır. Bunlar: BIM uygulamalarında LOD detay seviyeleri, çok boyutlu (nD) BIM aşamaları, nesne tabanlı (parametrik) modelleme, birlikte çalışabilirlik, IFC (Industry Foundation Classes) format, çakışma analizleri, bütünleşik proje teslimi (IPD), otomatik metraj alabilme şeklindedir.

LOD detay seviyeleri; LOD 100'den LOD 500'e kadar LOD seviyeleri sınıflandırılmıştır. İhtiyaçlar doğrultusunda LOD 250 ve LOD 350 seviyeleri de kullanılarak daha detaylı çalışmalar yapılmalıdır (Akkoyunlu, 2015). LOD, proje paydaşlarının BIM hakkındaki sorularına en sade biçimde yanıt veren referanstır. LOD seviyeleri tanımları; LOD 100: Ön proje, Konsept Modelleme. LOD 200: Kesin proje, Genel Modelleme. LOD 300: Tasarım geliştirme, Uygulama proje, Kesin Modelleme. LOD 400: İmalat ve Montaj için Modelleme. LOD 500: As build proje, yerinde imalat ve işletme şeklindedir.

Çok boyutlu (nD) BIM aşamaları; 3D, 4D, 5D, 6D, 7D ve 8D'dir. 3D: Modelin üç boyutlu olarak tasarlanması ve görselleştirilmesidir. 4D: Üç boyutlu modele zaman çizelgesinin eklenmesiyle hazırlanan modeldir. 5D: 4D bir model elde edildiğinde bu model üzerine maliyet ve otomatik metraj çıkarma özellikleri eklendiğinde hazırlanan modeldir (Karataş, 2018). 6D: Yapının sürdürülebilirlik verilerinin modele işlendiği aşamadır (Akkoyunlu, 2015; Erdik, 2018). 7D: Tesis yönetim modelinin oluşturulmasıdır (Erdik, 2018 ; Karataş, 2018). 8D: Yapının güvenlik ve acil yönetimi için geliştirilen boyutudur (Karataş, 2018). Bu boyutlar modele tek tek işlendiğinde ana model oluşturulmuş olacaktır. Tüm boyutlar modele işlendiğinde gerçeğe uygun yapı tasarımı elde edilmiş olacaktır.



Şekil 2. BIM boyutlarına göre yapılan işlemler (Url-1)

Geleneksel tasarım yöntemlerinden BIM yazılımlarını ayıran özelliklerden biri de nesne tabanlı modellemeye sahip olmalarıdır. Parametrik kavramı yapıyı oluşturan her terimin birbiriyle olan ilişkisini tanımlamaktadır. Örneğin bir odanın kapısı köşeden 15 cm uzaklıkta olacak şekilde belirlendiğinde parametre olarak belirlenen sayı odanın boyutları veya şekli değişse bile korunmaya devam edecektir (Erdik, 2018).

Birlikte çalışabilirlik BIM tabanlı programların en önemli yapı taşı oluşturmaktadır. Mevcut projelerin yapım aşamasında statik, mimari, mekanik vb. sistemlerin birbirlerinden bağımsız yürütülmesi projenin tüm aşamalarında sıkıntılara sebep olmaktadır (Sarıçiçek, 2019). Building Smart tarafından hazırlanan dokümanlarda, birlikte çalışabilirliğin faydaları şöyle sıralanmaktadır: Tüm proje paydaşlarına ihtiyaçlarına hızla cevap alabilecekleri bir

platformun oluşacak olması, Proje döngüsü boyunca veri alışverişini sürdürebilecek bir imkan yaratılmış olması, İşverenin istekleri ve projenin verilerinin uygunluğunun her an denetlenebilmesi, En uygun yazılımı tercih edebilmek için gerekli altyapının olması, Tasarım hizmetleri için rekabetçi ve açık pazarların hızla seçilebilmesi, Proje verilerinin tedarikçilerin karar ve ilkelerinden bağımsız olarak gelecekte de kullanılabilir olması şeklinde belirlenmiştir (Akkoyunlu, 2015).

IPD; insanları, sistemleri iş yapılarını ve tecrübeleri, bir süreç içerisinde tasarımın, üretimin ve inşaatın tüm aşamalarının etkinliğini maksimize etmek, atık miktarını azaltmak, işverenin karlılığını artırmak projenin sonuçlarını optimize etmek için tüm paydaşların yetenek ve kavrama kabiliyetlerini kullanan, bir proje teslim yaklaşımıdır (Akkoyunlu,2015; Erdik, 2018) Türkiye’de BIM ile yapılan projeler vardır. Bu projelerde uluslararası başarılar elde edilmiştir. Örneğin; Kabataş-Mecidiyeköy-Mahmutbey metrosu ve 3. Havalimanı projeleri ABD Las Vegas’ta düzenlenen 2017 yılında AEC Mükemmellik Ödülleri yarışmasında 32 ülke 145 proje arasında ilk 8’de yer almıştır (Inusah, 2018). Buradan da anlaşılacağı gibi BIM uygulanabilir bir yapı yönetimi modelidir.

Türkiye’de BIM ile yapılan projeler; İstanbul Yeni Havalimanı (İYH), Kabataş - Mecidiyeköy - Mahmutbey metro hattı, Adana entegre sağlık kampüsü, Ataköy-İkitelli metro hattı, AND Pastel konut projesi, Emaar Square alışveriş merkezi, Dudullu-Bostancı metro hattı Finanskent konut projesi, Darıca-Gebze metro hattı, İş GYO Kartal manzara adalar, Ankara Etlik Entegre sağlık kampüsü projesi, Garanti Bankası Pendik teknoloji kampüsü ve Forum Adana ticari projesi, Antalya yöresel ürünler pazarı, Türkiye’deki Dünya ticaret merkezi, İzmir Adnan Menderes havalimanı, Sabiha Gökçen havaalanı - HABOM projesi, Abdullah Gül Müzesi renovasyon projesi, Seyrantepe stadyumu çelik çatı projesi ve Ok meydanı eğitim ve araştırma hastanesi gibi büyük projelerdir (Inusah, 2018; Özorhon, 2018).

Ülkemizde BIM uygulanan projelerde 3D modelleme amacıyla BIM kullanımı diğer boyutlara göre yaygın olarak kullanılmaktadır. Metro hattı projelerinde ise saha koordinasyon çalışmaları amacıyla kullanılmaktadır. Projelerde aşamalı olarak 4D ve 5D modelleme, çakışma analiz çalışmaları, tesis yönetim çalışmaları, kalite kontrol çalışmaları ve enerji analizleri yapılmaktadır. Ülkemizde büyük projelerde BIM kullanımı mevcuttur ama projelerde ki kullanımlar arasında standartlık yoktur. Şuan kullanılan klasik yöntemlerle kapsamlı projelerin yapılması oldukça zordur. Yeni proje yapım yöntemleri için çalışmalar yapılması gerekmektedir. Ülkemizde yeni bir proje yapım yönetimine neden ihtiyaç duyulduğunun sebepleri şu şekilde sıralanabilir; Klasik yöntemlerin kısıtlı kalmasından doğan ihtiyaçlar, doğru, hızlı ve verimli proje sürecinin sağlanmak istenmesi, projelerin işbirliği ile daha etkili yürütülebilmesi, bilgi kirliliğinin önüne geçilmek istenmesi, hem ulusal hem de uluslararası standartların sağlanmak istenmesi, simülasyon testleriyle beraber farkındalığın sağlanması, proje tesliminde süre ve verilerin proje başından beri tutarlı bir şekilde devamının sağlanması, projelerin görsel olarak değerlendirilip hataların önüne geçilmek istenmesi, projenin inşa aşamasının tamamlanmasıyla bitmeyip rutin kontrollerle devam eden bir proje yönetiminin oluşturulmak istenmesi, proje üzerinde yapılacak değişikliklerin hızlı bir şekilde

yapılmak istenmesi, projeye ait metraj hesaplarının hızlı ve doğru şekilde hazırlanmak istenmesi, çevreyle dost projelerin hazırlanmak istenmesi gibi ihtiyaçlardan dolayı yeni bir proje yönetimine ihtiyaç duyulmaktadır. BIM bu anlamda hem diğer ülkelerde yaygın olarak kullanılmasıyla hem de hazırlanan projelerde başarıları sonuçlar sunmasıyla ihtiyaç duyulan model olduğunu ispatlamaktadır.

BIM'e geçiş sürecinde proje paydaşlarının modele ait avantaj ve dezavantajlarının neler olduğu konusunda bilgilendirilmesi gerekmektedir. Proje paydaşlarının bilgi sahibi olmadığı bir proje anlayışında başarı elde edilemez. Bunun için BIM'in ne olduğunu ne gibi hizmetler sunacağı konusunda kullanıcılar bilgilendirildikten sonra uygulama projeleri yapılmaya başlanmalıdır. BIM'in sağladığı hizmetler ve yararları; görsel sunum imkanı, çok kapsamlı tasarım, iş programının hazırlanması, metraj ve maliyet hesaplarının yapılması, çakışma analizleri, bütünlük projeksiyonu, tesis yönetimi, modelin uzun süre işlevselliğini yitirmemesi, verim ve kalitenin artması, proje paydaşlarının birlikte çalışabilmesi, projelerdeki hata oranlarının azalması, proje maliyetlerinden tasarruf sağlanması, çevresel kontrollerin yapılabilmesi, acil durum yönetiminin sağlanabilecek olması, kontrol mekanizmasının güçlenmesi gibi birçok faydasından söz edilebilir.

BIM'in avantajlarından bahsedildiği gibi dezavantajlarından bahsedilmesi gerekmektedir. Çünkü bir model oluşturulurken tüm yönleriyle değerlendirilip ele alınması gerekmektedir. BIM'in dezavantajları; IFC veri standartı ortak paylaşım platformu olarak kullanılmaktadır. IFC veri paylaşımı konusunda sıkıntılar yaşamakta bu da BIM programlarındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. IFC üzerinde çalışılıp geliştirilmeli ve veri kayıplarının önüne geçilmelidir. BIM yazılımlarının maliyetlerinin yüksek olması BIM'in dezavantajlarından biridir. Yazılımların maliyetlerinin yüksek olması küçük çaplı projeler için kullanımı zorlaştırmaktadır. Yazılımların tanıtımının yapılması ve eğitimler verilmesiyle beraber bu sorunlara çözüm bulunabilir. BIM konusunda teknik yeterliliği sahip personel eksikliğinin yaşanması BIM'in gelişmesinin önünde engeldir. Proje tasarımı yapılırken her proje kendi içinde ayrı ayrı değerlendirilmeli ve ona uygun özellikler belirlenip geliştirilmelidir. BIM için kullanılan programlarda standart objelerin olması ve her proje için obje oluşturma güçlüğü yaşanmakta ve bu konuda yazılım firmalarının desteği gerekmektedir. BIM verilerinin mülkiyeti, telif hakkı ve diğer yasalar aracılığıyla nasıl korunacağı konusu BIM için önemli bir risktir. Proje sahibi ve mimar-mühendis ekibi dışındaki ekip üyeleri, BIM'e entegre edilen verilere katkıda bulunurken, lisans sorunları ortaya çıkabilir. BIM projelerinde başka bir problem ise kimin veriyi modele girmeyi kontrol edeceği ve içindeki herhangi bir yanlışlıktan sorumlu olacağıdır.

BIM'in sağladığı yararlar göz önünde yerken BIM'e geçişin gecikmesinin nedenleri; BIM'in faydalarının farkına tam anlamıyla varılamaması, teknolojik değişimlere ayak uydurmada sıkıntılarının yaşanması ve kişilerin kendilerini geliştirme konusunda ki isteksizlikleri, ülkemizde yeni oluşturulan sisteme karşı önyargıların olması ve geleneksel yöntemlerden vazgeçmek istenmemesi, BIM'in geliştirilmesi için gerekli olan kalifiyeli eleman eksikliğinin olması, yasal dayanaklarının olmamasından kaynaklı BIM'in kullanılmasında sıkıntılarının

yaşanması, ülkemizde BIM'in kullanılması zorunlu kılınmadığından inşaat sektöründe kullanımı ve yaygınlaşmasının yavaş olması, BIM'in yaygınlaşması için gerekli olan standartların belirlenmemiş olması, BIM'in faydaları hakkında eğitimlerin verilmemesi ve kılavuzların oluşturulmaması, BIM için kullanılacak olan yazılımların maliyetli olmasından kaynaklı sorunlar, BIM farkındalığına sahip olunsa bile nereden başlanacağı konusunda belirsizliklerin yaşanması BIM'e geçiş için atılacak adımlarda en büyük engellerdendir.

MATERYAL VE METOT

Türkiye'de BIM'in uygulanabilirliğinin araştırılması için alanlarında uzman kişilerle anket çalışması yapılmıştır. Anket uygulaması; Samsun, Ordu, İstanbul, Ankara, Konya, Eskişehir, İzmir, Diyarbakır, Batman, Mardin illerinde ki kamu ve özel sektörde çalışanlara e- posta ile gönderilmiştir. Katılımcıların çoğunluğu mimarlar ve mühendislerden oluşmaktadır. Anket çalışmasına 100 katılımcı tarafından geri dönüş sağlanmıştır. Anket çalışmasında toplamda 28 soru sorulmuş ve 6 bölümden oluşmaktadır.

Bölüm 1'de katılımcılara çalıştıkları sektöre ait genel sorular sorulmuştur. Cinsiyet, meslek grubu, tecrübe yılları, eğitim seviyesi, çalışılan sektör, ağırlıklı olarak çalışılan sektör vb. şeklinde sorular sorulmuştur.

Bölüm 2'de BIM hakkında temel bilgi soruları sorularak katılımcıların BIM hakkında ne kadar bilgi sahibi olup olmadıkları konusunda fikir edinilmek istenmiştir. Bunun için; BIM hakkında bilgi sahibi olunup olunmadığı, BIM'in avantajları ve dezavantajlarının bilinip bilinmediği, BIM konusunda uygulama yapılan projelerin olup olmadığı, BIM'in bir program mı yoksa süreç mi olduğunu, BIM'in boyutlarının bilinip bilinmediği şeklinde sorular sorulmuştur.

Bölüm 3'de BIM'in kullanılabilirliği hakkında çeşitli sorular sorulmuştur. Bu bölümde hazırlanan sorular BIM'in ülkemizde uygulanabilirliği konusunda katılımcıların düşüncelerini öğrenmeye yönelik hazırlanmıştır. BIM'in uygulanabilirliği hakkında, gelecek zaman da BIM kullanım yüzdesinin ne olacağı konusunda, aktif olarak BIM kullanımının ne zaman olacağı hakkında vb. şekilde sorular hazırlanmıştır.

Bölüm 4'de BIM kullanımının yaygınlaşmasının sonuçları hakkında sorular hazırlanmıştır. Proje teslimi, kontrolü, iş tekrarı, maliyet, iş birliği, yapılacak hataların önceden tespit edilmesi, çevreyle dost yapıların sayılarında artış olacağı gibi faktörler katılımcılara sunulmuş olup konular hakkındaki görüşlerini bildirmeleri istenmiştir.

Bölüm 5'de BIM'e geçişi kolaylaştırıcı bazı faktörler belirlenip katılımcılara bu faktörler hakkındaki düşünceleri sorulmuştur. Devlet desteğinin sağlanması, örnek iş akışı olması, uygun veri tabanının olması, kullanılacak yazılımların tanıtımının yapılması, müşteri taleplerinin yaygınlaşması vb. şekilde belirlenen faktörlerle BIM'e geçişi kolaylaştırması yönünde katılımcıların düşünceleri öğrenilmek istenmiştir.

Bölüm 6'da BIM'e geçişin gecikmesinin neden kaynaklandığı hakkında bazı faktörler belirlenmiş ve katılımcılara düşünceleri sorulmuştur. Talep eksikliğinin olması, BIM'in faydalarının tam olarak anlaşılabilmesinin, yasal dayanak eksiliğinin yaşanması, BIM'e geçişi

sağlayacak ekip eksiliğinin yaşanması vb. şekilde hazırlanan öncüller hakkında katılımcılara düşünceleri sorularak cevap oranları belirlenmiştir.

Ankette hazırlanan sorular çoktan seçmeli olarak hazırlanmıştır. Alınan cevaplara göre de pasta ve çubuk grafiklerle anket sonuçları değerlendirilmiştir.

Anket çalışmasıyla birlikte literatür taraması ve yapı sektöründe yapılan hatalara ait görseller incelenerek BIM'in uygulanabilirliği hakkında tespitler yapılmaya çalışılmıştır.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Yapılan araştırmalar sonucunda elde edilen bulgular üç başlıkta incelenecektir. Birinci başlıkta anket çalışması, ikinci başlıkta Türkiye'de BIM'in geleceği hakkında ve üçüncü başlıkta ise BIM uygulamaları için izlenmesi gereken işlem adımlarının neler olması konusunda tespitler yapılacaktır.

Anket Çalışmasının Değerlendirilmesi

BIM için hazırlanan anket katılımcılarına kişisel sorular ve iş deneyimleri hakkında sorular sorulmuştur. Ankete katılan katılımcıların % 61'ini mühendisler oluştururken, %21 oranını mimarlar ve sırasıyla akademisyenler, yöneticiler ve müteahhitlerden oluşan katılımcı profili mevcuttur. Anket katılımcılarının %56'sı erkek, %44'ü kadınlardan oluşmaktadır. Çalışma sektörü olarak katılımcıların %57'si özel, %43'ü kamu sektöründe çalışmaktadırlar. Eğitim seviyesi olarak %71 oranında lisans eğitimi, %22 oranında yüksek lisans eğitimi, %3 oranında doktora eğitimi ve %4 oranında da diğer eğitim seviyesine sahip katılımcılar ankete katılmıştır.

Katılımcılar BIM'in tanımı için yapının sürdürülebilirliğini sağlayan ve yapının tüm aşamalarında yer alan bir süreç olduğunu düşünmektedir. BIM konusunda katılımcıların yarısının bilgi sahibi olduğu, diğer yarısının ise bilgi sahibi olmadığı görülmüştür. Katılımcıların büyük çoğunluğu BIM konusunda uygulama yapmadığını ancak eğitim aldıklarını belirtmişlerdir. BIM'in sağlayacağı avantaj, dezavantaj ve BIM'in boyutları hakkında katılımcıların çoğu bilgi sahibi olmadıklarını belirtmişlerdir. BIM'in bir süreç mi yoksa program mı olduğunu sorusuna ise her ikisinin de BIM kavramının içinde bulunduğunu söylemişlerdir. BIM'i projelerde hangi amaçla kullandıkları sorulduğunda ise çoğunlukla 3D (görselleştirme) amacıyla kullandıkları yönünde cevap vermişlerdir. Ülkemizde ki projelerde BIM kullanım yüzdesinin ne kadar olduğu hakkında katılımcılara tahminleri sorulmuştur. Katılımcıların çoğu BIM'in başlangıç düzeyinde olduğunu düşünmektedir. Katılımcıların %62'si BIM kullanım yüzdesinin %0-10 aralığında olduğunu, %33 katılımcı %10-30 oranında BIM'in mevcut olarak kullanıldığını düşünmektedir. BIM'in kullanıldığı kamu projeleri olup olmadığı sorulduğunda katılımcıların %53'ü ülkemizde BIM kullanılarak yapılan kamu projeleri olduğunu belirtmiştir.

BIM'in uygulanabilirliği konusunda çoğu katılımcı zamanla kullanımının yaygınlaşacağını düşünmektedir. BIM'in uygulanabilirliği konusunda olumsuz düşünen katılımcı oranı çok azdır. Nitekim şuanda da BIM'in kullanıldığı projeler bulunmaktadır. Ancak BIM kullanımının yaygınlaşması için zaman gereklidir. Zaman konusunda katılımcılara 10 yıl içinde BIM kullanım oranının ne olacağı yönünde sorulan soruya ise katılımcıların %40'ı

kullanım oranının %0-25 olacağını, %38 oranında ki katılımcıların ise %25-50 olacağı yönünde soruya cevap vermişlerdir. BIM'in aktif kullanımını için 10 yıldan daha fazla bir süre gerektiği yönünde düşüncelerini bildirmişlerdir. BIM'in kullanılabilirliğini etkileyen en önemli faktörler; BIM farkındalık eksikliğinin yaşanması, BIM eğitim eksikliğinin yaşanması ve BIM kullanımı için devlet desteği sağlanmamış olması şeklinde katılımcıların cevaplarına göre bu faktörler belirlenmiştir. BIM aktif olarak kullanıldığında proje yapım aşamalarından, tasarım aşamasında ve tasarım öncesi aşamalarda daha çok kullanılacağı yönünde yanıt verilmiştir. BIM kullanımının yaygınlaşmasının sonucunda; yapılan proje kontrollerinde kolaylaştırıcı yönde etkisi olacağını ve inşaat aşamasında karşılaşılabilecek problemlerin daha önce tespit edilmesi yönünde katkı sağlayacağı katılımcılar tarafından en çok cevap verilen iki seçenek olmuştur. BIM'e geçişi kolaylaştırıcı faktörler hakkında sorular sorulmuş ve burada belirlenen en önemli iki özellik ise devlet desteğinin sağlanmış olması ve örnek bir iş akışının oluşturulmasıdır. BIM'e geçişin gecikmesinin neden kaynaklandığı hakkında seçenekler sunulmuştur. Katılımcılar tarafından belirlenen iki önemli özellik ise; BIM ile ilgili yasal dayanak olmaması ve BIM'e geçişin geçiş sürecinde adaptasyonu sağlayacak ekiplerin olmamasından kaynaklı olduğu belirtmişlerdir.

Türkiye'de BIM'in Geleceği Hakkında Değerlendirme

Ülkemizde var olan sistemi tamamen biranda değiştirmek mümkün olmamakla beraber aşamalı olarak BIM'e geçiş süreci tamamlanabilir. Ülkemizde de bütünleşik BIM uygulamaları yapılmamakta ancak mimari, statik veya mekanik-elektrik vb. projelerde BIM münferit olarak kullanılmaktadır.

Türkiye'de BIM uygulamaların artması için yasal dayanakları oluşturulması gerekmektedir. Yasal dayanaklarla BIM'in karşılığı oluşturulduğunda BIM kullanımı ülkemizde yaygınlaşacaktır. Buna bağlı olarak uygulama projeleri artacak ve yapı sektörü köklü bir değişim yaşayacaktır.

Türkiye'de BIM kullanımıyla yapı sektörüne çakışma analizi, bütünleşik proje teslimi, LOD detay seviyeleri, IFC veri standardı gibi yeni kavramlar kazandırılacaktır. Projeler için hazırlanan tasarım, metraj hesapları, iş planları, iş süresi, yönetim gibi hazırlanan verilerin BIM ile bütünleşmesi gereklidir. IFC tabanlı BIM, dijital ortamda hazırlanan verilerin okunması için imkân sunmaktadır. Ancak ülkemizde IFC uyumlu veri hazırlama şuan mevcut değildir.

Türkiye'de BIM konusunda kalifiyeli personel eksikliği mevcuttur. Ancak son yıllarda BIM hakkında üniversitelerde lisans ve lisansüstü eğitimlere başlanmıştır. Bu durumda BIM için yeterli teknik personelin oluşmasına katkı sağlayacaktır (Selim, 2019).

BIM ile yapılan uygulama projeleri incelendiğinde çok kapsamlı projelerin yapılmasına imkan tanıdığı görülmektedir. Örneğin; İYH'nı projesinde BIM kullanılarak yapılan çakışma analizi testinde 320500 tane çakışma tespit edilmiş ve hepsi çözümlendirilmiştir. Bu örnekten bile anlaşıldığı üzere ülkemizde BIM kullanılması gereken bir yöntemdir.

Türkiyede İstanbul büyükşehir belediyesi BIM'in metro projelerinde kullanımının zorunlu hale getirilmesi konusunda çalışmalar yapmaktadır. BIM ile hazırlanan projelerde başarılar

elde edilmiş ve daha nitelikli projeler üretilmiştir. Bunun için Türkiye’de zorunlu olarak BIM kullanımı sağlandığında uygulama projelerinin sayılarında artış olacaktır.

Geleneksel çalışma düzeni ekip çalışmasına uygun değildir. BIM gelecekte ekip ve koordineli çalışma imkanı sunmaktadır. Proje yapımı aşamalı bir süreçtir. Türkiye’de ekip çalışmaları sağlandığında projelerdeki bilgi kirliliği ortadan kalkmış olup daha doğru ve kapsamlı projeler yapılmaya başlanacaktır.

Türkiye’de BIM konusunda adaptasyon sıkıntıları çekilmektedir. Adaptasyonu sağlayacak alanlarında uzman ekiplerin ülkemizde oluşturulması gereklidir.

Ülkemizde BIM’e geçiş sürecinin nasıl olması gerektiğine dair çalışmalar mevcut değildir. Yatırımcılar bilmedikleri bir düzenin içinde olmak istememektedir. Bunun için geçiş aşamalarının belirlendiği çalışmalar yapılmalıdır.

BIM Uygulamaları İçin Yol Haritasının Oluşturulması

Tablo 1. Ülkemizde BIM’e geçiş için izlenecek adımların yol haritası

BIM komisyonlarının oluşturulması
BIM ile ilgili yasal mevzuatın oluşturulması ve bu mevzuatın ulusal düzeylere çıkarılması
BIM çalışmalarının kontrolü için denetleme biriminin oluşturulması ve eğitimler verilmesi
BIM ile ilgili tüm tanım, avantaj, dezavantajlarının incelenmesi
Firma yapısının incelenmesi ve ona uygun hedeflerin belirlenmesi
Detaylı şekilde vizyon çalışması yapılması
Tasarlanacak model için planlama ve hazırlık yapılması
Plan üzerinde tasarımın yapılması
Simülasyon testleri ve çakışma analizlerinin yapılması
Yapılan testlerin detaylandırılması ve sonuçlarının rapor edilmesi
Hazırlanan tasarım modelinin kontrolü
Yapım aşaması için planlama ve hazırlık
Yapının uygulama aşamasına geçilmesi
Yapının uygulama aşamasının tamamlanması ve gerekli kontrollerin yapılması
Proje teslim koşullarının oluşturulması
Yapının inşasından sonra rutin şekilde kontrol mekanizmasının oluşturulması
Yapının sürdürülebilirliği hakkındaki çalışmaların yapılması

Çalışmanın hedeflerinden biri ise ülkemizde kullanılması düşünülen BIM modeli için projelerde kullanılmak üzere uygulama planı önermektir. Bunun için düşünülen BIM uygulama planı işlem adımları; Proje paydaşlarının birlikte çalışabilirliğini sağlayacak alt yapının oluşturulması, Projelerde kullanılacak yazılımların tespiti, Proje alan tespiti ve mevcut durum değerlendirilmesi, Kullanılacak tüm donatı bilgilerinin oluşturulması, Yapıya ait analizlerin yapılması, Proje teslimi ve sürdürülebilirlik çalışmalarının yapılması şeklindedir.

Proje paydaşlarının birlikte çalışabilirliğini sağlayacak alt yapının oluşturulması: BIM proje paydaşlarının birlikte çalışabilirliğini sağlayan bir sistemdir. Ancak bunun için gerekli alt yapının oluşturulması gereklidir. Alt yapının oluşturulması için proje koordinatörlüğü

sağlayacak BIM'e geçiş yapan ülkelerde olduğu gibi BIM koordinatörü tanımlamasına ihtiyaç duyulmaktadır. BIM koordinatörlüğü yapacak kişi deneyimli, alanında uzmanlaşmış, BIM tabanlı projede görev yapmış ve BIM tabanlı bir programa hakim olan kişilerden seçilmelidir. BIM koordinatörü, diğer görev alacak kişiler arasında koordinasyonu etkili biçimde sağlamalıdır. Sadece BIM koordinatörü değil BIM uzmanı kişilerinde ekipte yer alması gerekir. Bu kişilerin BIM uzmanlık konularına göre görev organizasyonu yapılmalıdır. Hazırlanan görev dağılımı ve iş programına göre yapılan tasarımlarda hatalar oluştuğunda gerekli düzeltmeyi yapacak BIM uzmanı devreye girip düzeltmeleri yapmalıdır. Yapılan düzeltme daha sonra tüm proje paydaşları tarafından görülmelidir. Örnek olarak hazırlanan tüm uygulama planları proje paydaşlarıyla birlikte değerlendirilmeli ve eksikliklerin giderilmesi için çalışmalar yapılmalıdır. BIM ile ilgili proje yapımının artıları eksileri değerlendirilmeli ve fikir birliğinin sağlanması gerekmektedir. Bunun için BIM ile yapılan projeler incelenebilir ve kazanımları somut bir şekilde değerlendirilebilir.

BIM konusunda eğitim almış, BIM ekibi oluşturulmuş ve BIM farkındalığını tamamen kavramış personellerle proje uygulamaları yapılmalıdır. Uygulama projeleri yaparak BIM projeleri konusunda BIM ekibinin deneyim kazanılması hedeflenmelidir. BIM'e geçiş için personel yönünden eksiklikler giderilip deneyim kazandırıldığında uygulama projeleri için diğer işlem adımlarına geçilebilir.

Projelerde kullanılacak yazılımların tespiti: Projelerde BIM yazılımı seçerken projeye en uygun ve en güncel sürümün kullanılmasına dikkat edilmelidir. Ancak bu yazılım seçilirken de oluşturulan BIM ekibinin kullanım becerilerine uygunluğu da göz önünde bulundurulmalıdır. Uygun yazılım seçildikten sonra programın kütüphanesi incelenmeli ve yeterli olup olmadığı konusunda araştırma yapılmalıdır. Her proje kendi içinde özeldir. Bunun için programda hazır olarak kullanılacak şablon dosyalarının üretimi BIM ekiplerince yapılabilir. Bu konuda seçilen yazılım firmasından destek alınabilir.

BIM için hazırlık yaparken teknolojik olarak uyum süreci değerlendirilmelidir. BIM kütüphanesinde yer alan veriler değerlendirilip hazırlanacak olan projelerde ne gibi eksikliklerinin olacağı tespit edilmelidir. Örneğin BIM sisteminde yer alan REVİT şuan ülkemizde kullanımı yaygın olan AutoCAD programı ile veri akışına elverişlidir. Ancak ülkemizde kullanılan uzunluk birimleri BIM kütüphanesinde yer almamaktadır (Sarıçiçek, 2019). Bu gibi örnekler çoğaltılıp projeler üzerinde durum değerlendirilmesi yapılmalıdır.

Modelleme ve proje yapımı için ihtiyaçlar doğrultusunda seçilen yazılım için hazırlanacak dosya çeşitlerinin formatının nasıl olacağı belirlenmelidir. Mevcut olan dosyaların standart bir dosyalama formatı oluşturulmalı ve veri standardı elde edilmelidir. BIM kullanıcılarının ortak dil kullanmaları amacıyla Building Smart tarafından geliştirilen IFC (Industry Foundation Classes - Temel Endüstri Sınıfları) şeklinde hazırlanmış bir dosya türü mevcuttur (Sarıçiçek, 2019). BIM'i klasik yöntemlerden ayıran en büyük özellik analizler yaparak en uygun modelin hazırlanmasıdır. Bu yüzden analizlerin yapılması için veri akışını sağlayacak bir formatta veriler üretilmelidir. IFC uzantılı verilerin oluşturulması gerekli yazılımlara veri akışının sağlanmasına olanak sağlayacaktır. IFC uzantılı dosyaların hazırlanması proje

paydaşlarına veri akışını, kontrol gruplarına veri teslimini, donatı bilgilerinin tüm detaylarının paylaşımını kolaylaştıracaktır. Hazırlanan projede kullanılacak tüm yapı elemanlarına ait bilgilerinin de IFC olarak hazırlanması hem yapı malzemelerinin üreticilerine hem de modeli hazırlayan kişiye büyük kolaylık sağlayacaktır. Çünkü yapıya ait bilgiler en doğru haliyle sistem üzerinde olduğu için yapılacak hataların önüne geçilmiş olacaktır. Bu durumda iş tekrarını azaltacak ve hataları en aza indirilmesine büyük katkı sağlayacaktır.

Proje alan tespiti ve mevcut durum değerlendirme aşaması: Yapılacak olan projenin mevcut durumunun detaylı olarak incelenmesi gerekmektedir. Projeyi hazırlayacak firmanın da mevcut durumu incelenmelidir. Daha önce yapılmış olan projelerin nasıl yürütüldüğü incelenmeli ve buna göre proje yapımındaki eksiklikler belirlenmelidir. Firmaya ait personel sayısı ve görevleri belirlendikten sonra BIM ile yapılacak olan proje yönetiminde ki görevlerinin belirlenmesi ve uzmanlık alanlarına göre sınıflandırılması gerekir. BIM'den proje paydaşlarının beklentilerinin, kullanılan yöntemlerin yetersizliğinin, BIM ile proje yapımında nelerin değişeceği konusunda bir tespit yapılmalı ve tüm proje paydaşları bu konuda bilgilendirilmelidir. Proje yapımı tamamlandıktan sonra BIM'den beklentilerin ne kadarının gerçekleştiği belirlenmelidir. Bu da BIM ile proje yapımının başarısı olarak görülmelidir. Mevcut durum tespiti projenin her aşamasında proje paydaşları için altlık görevinde olacaktır. Proje alanı ile ilgili ilk tespitlerin doğru yapılması projenin diğer işlem adımlarının daha güvenilir olarak ilerleyeceğini göstermektedir. Proje alanı tespiti yapılırken arazinin topografik durumu detaylı olarak incelenir. Eğim durumu, bitki örtüsü, yola yakınlık durumu ve çevreye ait diğer tüm verilerin tespitinin yapılmasına olanak sağlar. Bu incelemelerden sonra kazı dolgu miktarları hakkında çalışmalar yapılabilen ve proje maliyeti için tahminler yapılabilir.

Tüm modellerin ve donatı bilgilerinin oluşturulması: BIM yazılımı seçildikten sonra yapı malzemeleri konusunda karar verilen tüm bilgilerin IFC dosya uzantılı şekilde programa veri akışı sağlanır. Örneğin; BIM uygulamaları için bu aşamada tasarlanan pencereye ait tüm malzeme bilgileri belirlenmelidir. Model, uzunluk, genişlik, renk, kol detayı, kol detay bilgileri vb. bilgilerin sistemde oluşturulması gerekir. Oluşturulacak modelin analizlerinin yapılması ve doğru sonuçlar elde edilmesi için bu bilgilerin eksiksiz olarak belirlenmesi oldukça önemlidir. Bunun yanı sıra mekanik ve elektrik tasarımı, altyapı tasarımı, otopark tasarımı, ısıtma ve soğutma sistemi ve akıllı ev sistemi için tüm donatı bilgilerinin bu aşamada belirlenip sisteme aktarımı yapılmalıdır.

Uygulama planının bu adımında hazırlanan projeye ait alan hesapları, metraj hesapları, kullanılacak olan tüm malzeme bilgileri, yapının yükseklik, genişlik ve kat bilgisi gibi bilgilerin verilmesi, kullanılacak tüm donatılara ait özelliklerinin belirlenmesi ve tüm tesisat bilgilerin oluşturulması, ısıtma ve soğutma sistemlerinin belirlenmesi vb. bilgilerin hazırlanmasıyla ana model elde edilmiş olacaktır. Hazırlanan ana model analizlerin yapılması için hazır duruma getirilmiş olacaktır.

Uygulama planı mevcut, mimari, yapısal, mekanik ve elektrik modellerden oluşmaktadır. Projenin yapılacağı alan için detaylı mevcut durum değerlendirilmesi, topografik durumun

incelenmesi, kazı ve dolgu miktarlarının değerlendirilmesi ve yakın çevredeki yapıların incelenmesi gibi mevcut model oluşturulmalıdır. Analizlerin yapılması için veri tabanının oluşturulması gerekmektedir. Bunun için projeye ait alanın alan hesapları, metraj hesapları, kullanılacak olan tüm malzeme bilgileriyle mimari model oluşturulmalı, yapıya ait mekanik elektrik gibi analizlerin yapılabilmesi için yapının yükseklik, genişlik ve kat bilgisi gibi bilgilerin verilmesi, kullanılan donatı özelliklerinin belirlenmesi gibi yapısal model oluşturulmalı ve tüm tesisat bilgilerin oluşturulması, ısıtma ve soğutma sistemlerinin belirlenmesi için mekanik elektrik model oluşturulmalıdır. Tüm modellerinin birleşimiyle yapıya ait ana model oluşturulmuş olacaktır. Ana model oluşumu tamamlandıktan sonra analizler, simülasyon testleri ve sürdürülebilirliğin sağlanması için çalışmaların yapılmasıyla önerilen uygulama planı tamamlanmış olacaktır. LOD 400 detay seviyesinde boyut, şekil, lokasyon ve konum bilgileri modellenerek doğru analizlerin yapılmasına imkan tanınır (Akkoyunlu, 2015).

Yapıya ait analizlerin yapılması: Bu aşamaya kadar yapılan tüm çalışmalar analizlerin yapılabilmesi için oluşturulmuş altlıklardır. Hazırlanan modelin veri güvenirliliği ne kadar yüksek ise yapılan analizler de gerçeğe yakın sonuçlar sunacaktır. Mevcut kullanılan yazılımlarla analizlerin yapılması mümkün değildir. Bu yönüyle BIM, geleneksel yöntemlerden ayrılmaktadır. Modelleme de yapılan veri değişikliği analiz sonuçlarına direk etki eder. Bu da zaman ve maliyet konusunda tasarruf sağlar.

Bu adımda yapılacak analizler; görselleştirme, enerji, ısıtma ve soğutma, mekanik ve elektrik, gölge, yapısal analiz, maliyet analizi, iş programı analizi, çakışma kontrol analizleri, yapısal elamanların kontrol analizleri vb. şeklinde analizlerdir. Analizlerin sonuçları rapor halinde sunulduğu için yapılacak olan kontroller kısa sürede tamamlanacaktır. Analizlerin yapılması yapının inşa aşamasında oluşacak olumsuzlukların önüne geçecektir. Analizler yapılırken karşılaşılan sorunlar ve tüm sonuçlar raporlanacaktır. Değiştirilmesi gereken özellikler tasarlanan model de uzman kişilerce değiştirilir ve analizler kısa sürede tekrarlanır. İstenilen sonuçlar elde edilene kadar bu işlem adımı devam edecektir.

Proje teslimi ve sürdürülebilirlik çalışmalarının yapılması: BIM ile hazırlanan projelerin, proje teslimi için de gerekli çalışmalar yapılmalıdır. Projeyi yapan firma kontrol grubuna projeyi teslim ettikten sonra gerekli yönetmelikler, sözleşme şartları ve analiz sonuçları değerlendirildikten sonra proje kabul edilir ya da gerekli düzeltmelerin yapılması öngörülür. Gerekli düzeltmeler ilgililerce tamamlandıktan sonra proje teslimi gerçekleşmiş olacaktır. Ancak BIM, proje tesliminden sonra da yapı hakkında çalışmalara devam etmeyi öngörür. Yapıdan maksimum faydalanmayı sağlamak ve belirli aralıklarla yapılacak kontrollerle yapının sürdürülebilirliğini sağlamayı hedeflemektedir. Trafik, ses, enerji, atık yönetimi gibi simülasyon testleri yapılarak yapının çevreye ait düzeninin devamlılığı sağlanmış olacaktır. Yapılan projenin çevreye etkilerinin araştırılması çevreyle dost yapıların oluşumuna katkı sağlayacaktır. BIM sadece yapının yapımını değil yapının şantiye kontrolü ve çevresel faktörlerini de değerlendirip sürdürülebilirliği amaç edinmektedir. BIM projelerinde

uygulaması önerilen uygulama projelerinin bu adımında yapının inşaat sonrası yapılacak simülasyon testleriyle beraber sürdürülebilirliği sağlanmış olacaktır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmalar neticesinde ülkemiz için BIM'in geleneksel yöntemlere göre daha uygun bir proje yönetim anlayışı olduğu görülmektedir. Ancak BIM'e geçiş için zaman gerekli olduğu düşünülmektedir. BIM ile proje yapıldığında ilk uygulamada BIM'in faydalarından maksimum düzeyde yararlanılamayacaktır. Ancak yapılan uygulama projelerinin sayısı arttıkça BIM faydaları maksimum düzeye çıkacaktır. BIM projeleri öncelikle büyük çaplı projeler sonra kamu projeleri daha sonra tüm projelerde kullanımı sağlanarak BIM'in kullanılabilirliği artırılmış olacaktır. Yapılan uygulama projeleri ne kadar çok olursa uygulanacak yöntemler ve yol haritaları daha net belirlenmeye başlayacak ve BIM ile başarılı projeler üretilmiş olacaktır. Sürekli olarak iyileştirme çalışmaları yapılarak BIM'e etkili geçiş aşamaları sağlanabilir.

BIM'e geçiş sürecinde hem teknik olarak hem de proje ekibi olarak nelerin yapılması gerektiği konusunda çalışmalar yapılmalıdır. Sadece yazılımsal olarak değil proje paydaşlarının da adaptasyonu sağlanmalıdır. Bunun için eğitimler verilmeli, BIM ekiplerinin adaptasyonu için destek alınmalıdır. Çünkü kişilerin BIM konusunda fikirleri değişmezse BIM'e geçiş sağlansa bile başarı elde edilemez. Şuan mevcut proje yapımında proje paydaşlarının birlikte çalışabilirliği mevcut değildir. Ancak BIM bu imkânı sunmakta bu yüzden BIM'in birlikte çalışma prensibi geliştirilmelidir. Birlikte çalışma prensibi sağlandığında BIM'e geçiş aşaması kolaylaşacak ve BIM uygulamaları artacaktır. BIM hakkında bilgi sahibi olduktan ve adaptasyon çalışmaları sağlandıktan sonra BIM'e geçiş aşamasında yazılımın seçilmesi ve yazılım konusunda eğitim ve kurslar verilmesi gerekmektedir. Ülkemiz de şuan BIM'in kullanılmamasının nedeni geçiş aşamasının nasıl olacağının belirsizliği, yazılımların maliyetli olması ve mevcut verilerin uyumlu olup olmadığı konusunda belirsizlik yaşanmasıdır. Bunun için alanlarında uzman BIM danışmanları ile çalışılarak BIM konusunda oluşturulan ekip ile BIM uygulamalarının hazırlanması gerekmektedir.

Devlet desteğinin sağlanması, yasal dayanakların oluşturulması, uygun veri tabanının oluşturulması, personel ve eğitim eksikliklerinin giderilmesi, yazılımların tanıtımının yapılması, standartların ve örnek iş akışının oluşturulması, müşteri taleplerinin sağlanması gibi eksiklikler giderildiğinde BIM kullanımının artacağı düşünülmektedir. Bu eksiklikler tamamlandığında önerilen uygulama planıyla beraber BIM projeleri üretilmeye başlanabilir.

Akademik çalışmalardan, akademisyen görüşlerinden, BIM konusunda tecrübeli olan kişilerden, kurumlardan ve BIM'e geçiş sürecini tamamlayan ülkelerden BIM'e geçiş konusunda destekler alınabilir. Tespit edilen hatalardan kaçınılıp önerilen işlem adımları uygulandığında BIM'e geçiş süreci başarılı şekilde tamamlanacaktır.

BIM'in sağlayacağı faydalar; BIM proje paydaşları arasında iş birliğinin sağlanmasına yardımcı olacaktır. BIM zaman ve maliyet açısından daha tasarruflu projeler üretilmesini sağlayacaktır. Gerçeğe yakın projeler üretilecektir. Proje teslim süresi hızlı, doğru ve eksiksiz

şekilde tamamlanacaktır. Yapılacak kontrollerde büyük kolaylık sağlanmış olacaktır. BIM ile proje yapımı artacak ve müşteri talepleri gerçekleştirilmiş olacaktır. Uluslararası standartlara uygun yapıların oluşturulması için imkan sunulacaktır. BIM ile proje yapımının artmasıyla beraber BIM konusunda deneyimli kişilerin sayısında artış olacaktır. BIM sisteminin sunmuş olduğu analiz yapabilme imkanı proje anlayışını köklü olarak değiştireceği sonucuna varılmıştır. Sürdürülebilir proje anlayışıyla beraber yapıların yaşam döngüsü boyunca faydalarından maksimum düzeye yararlanılacaktır. Çevreyle dost yapıların sayılarında artış sağlanmış olacaktır.

Türkiye’de BIM’in uygulanabilirliği değerlendirildiğinde mevcut kullanımın az sayıda olduğu sonucuna varılmıştır. Uygulanan projelerin ise çoğunlukla büyük kamu projelerinde kullanıldığı tespit edilmiştir. Ülkemizde proje yönetimi ve işleyişi olarak yeni bir anlayış ihtiyacı olduğundan dolayı BIM’in bu anlamda uygulanabilecek en iyi yöntem olduğu sonucuna varılmıştır.

Çalışmada uygulama yapılması için BIM modeli işlem adımları önerilmiştir. Önerilen model projelerde uygulandığında ve geliştirildiğinde BIM kullanımı ülkemizde yaygınlaşabilir. Yapılan her bilimsel çalışma BIM’in kullanımına katkı sağlayacaktır. Bundan dolayı BIM ile ilgili çalışmalar daha çok yapılmalıdır.

BIM’e geçiş yapmayı düşünen şirketler pilot bölgeler seçilip uygulamalar yapılmalıdır. Her projenin kendine özgün özellikleri de olsa kullanıcıların yazılımları kullanma becerilerini ve düşünce sistemini geliştireceğinden dolayı uygulamaların yapılması büyük önem taşıyacaktır. Ülkemizde BIM ekipleri kurulmalıdır. Projelerin baştan sona yönetimini organize etmeli ve başarılı projeler sunarak BIM’in gelişimine katkı sağlanmalıdır. BIM’e geçiş yapmış ve başarı elde etmiş ülkelerin uygulama adımları incelenmeli, destek alınmalı ve benzer çalışma stili ile çalışmalar yapılmalıdır. Ülkemizde BIM konusunda mevzuat eksikliği mevcuttur. Yasal dayanakların biran önce oluşturulması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Akkoyunlu T** (2015) Kentsel Dönüşüm Projeleri için BIM Uygulama Planı Önerisi. Doktora Tezi. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 210 s.
- Çetinkaya, E İ** (2017) İnşaat Sektöründe BIM ve Dijital Üretim Kavramlarının. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 147s.
- Erdik, M** (2018) Yapı Sektöründe Yapı Bilgi Modellemesinin Adaptasyonu. Yüksek Lisans Tezi. BÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, 109 s.
- Inusah, Y** (2018) Kentsel Türk İnşaat Sektöründe Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) Uygulamalarının Yaygınlığı ve Uygulamalardaki Başarı Düzeyleri Üzerine Bir İnceleme. Yüksek Lisans Tezi. AÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, 76 s.
- Karataş, İ** (2018). Danışmanlık Hizmetlerinde Yapı Bilgi Modelleme. Yüksek Lisans Tezi. OKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Osmaniye, 136 s.
- Özorhon, B.** (2018). Yapı Bilgi Modellemesi IBB Anadolu Yakası Raylı Sistem Projeleri, (1. Baskı). İstanbul: Abaküs

Öktem, S (2018) BIM'e Geçiş Sürecinin Organizasyonel ve Operasyonel Çerçevesi. Yüksek Lisans Tezi. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 197 s.

Sarıççek, T (2019) Türkiye'de mimarlık şirketleri için BIM uygulama yol haritası. Yüksek Lisans Tezi. HKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep, 213 s.

Url-1< <https://bimmade.com/information/2/bim-in-boyutlari>> Erişim Tarihi: 28 Kasım 2019

AYAN KÖYÜ YERLEŞİM PLANI ÖRNEĞİNDE KÖY PLANLAMASI

Dr. Öğr. Üyesi Seçil Gül MEYDAN YILDIZ

Yozgat Bozok Üniversitesi MMF Şehir ve Bölge Planlama Bölümü

ÖZET

Hızlı kentleşme süreci, istihdam sorunları ve kentsel mekanda yaşanan ekolojik bunalımlar doğayla iç içe olan köy yaşamının önem kazanmasına yol açmaktadır. Küreselleşme ve neoliberal politikalar ışığında değişen kırsal, kentsel mekan nitelikleri mekanda aynışma ve betonlaşma yaratmaktadır. Özellikle anakent uygulamalarıyla mahalle statüsüne geçen büyükşehirlerdeki köy yerleşim alanları bu politikalardan en fazla etkilenen birimler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu değişimler büyükşehir belediyesi olarak ilan edilmeyen veya belediye statüsünde olan illerdeki kırsal yerleşim alanlarının önemini arttırmakta ayrıca insanoğlunun ekolojik, çevreci, permakültür odaklı, spritüel ve kendi kendine yeten bir yaşam biçimine duyduğu özlemi perçinlemektedir. Çevre ve yapı dengesini hedefleyen bu yaşam biçimi özünde kırsal yaşam biçimini ifade etmektedir. Bu çalışmada kırsal yaşam biçiminin mekansal yapısını düzenleyen yasal dayanaklar ve planlama ilkeleri ele alınmaktadır. Çalışmanın örneklem alanını Çankırı ili merkez ilçesinde yer alan Ayan Köy'ü oluşturmaktadır. Çankırı merkezine 11 kilometre mesafede yer alan kırsal yerleşim bölgesi demografik, kültürel ve coğrafi özelliklere göz önünde bulunarak doğa öncelikli bir köy planı oluşturulmuştur. 2 Nisan 2018 tarihinde onaylanan Köy Yerleşim Planı ile de dengeli, düzenli ve engelli duyarlılığına sahip bir mekânsal gelişim süreci ortaya konulduğu gözlenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kırsal Alan, Köy Planlaması, Ayan Köyü

ABSTRACT

The rapid urbanization process, employment problems and ecological crises in the urban space make the village life intertwined with nature gain importance. The characteristics of rural and urban spaces changing in the light of globalization and neoliberal policies create the sameization and concretization in the space. Especially in metropolitan cities, which have become neighborhoods with metropolitan practices, village settlement areas are the most affected units from these policies. These changes increase the importance of rural settlements in provinces that are not declared as metropolitan municipalities or in the status of municipalities, and also reinforce human's longing for an ecological, environmental, permaculture-oriented, spiritual and self-sufficient way of life. In this study, legal basis and planning principles that regulate the spatial structure of rural life style are discussed. The sample area of the study is Ayan Village located in the central district of Çankırı. Taking into consideration the demographic, cultural and geographical characteristics of the rural settlement area, which is 11 kilometers from the center of Çankırı, a nature priority village plan was developed. The Village Settlement Plan, which was approved on April 2, 2018, shows that a balanced, regular and disability-sensitive spatial development process has been put forward.

Keywords: Rural Area, Village Planning, Ayan Village

GİRİŞ

Anayasanın 127. maddesine göre köy halkının yerel ortak ihtiyaçlarını karşılayacak yerel yönetim birimi köy yönetimi olarak tanımlanmaktadır (Mengi ve İşçioğlu, 2019). Köy yerleşim birimleri nüfusu iki binden az olan tarım ve hayvancılık sektörünün temel ekonomik faaliyet olduğu, uzmanlaşma ve işbölümünün gelişmediği, yüz yüze komşuluk ilişkilerinin hakim olduğu, geleneksel aile yapısının sürdüğü ve yüz ölçümü bakımından küçük, doğa ile iç içe olan mekânsal yerleşimlerdir (Geray, 2015; Mengi ve Meydan Yıldız, 2019).

Ülkemizdeki kırsal ve kentsel mekanda yaşanan demografik dönüşümleri incelediğimizde 1927 yılında yapılan ilk resmi nüfus sayımına göre Türkiye'nin toplam nüfusu 13 648 270 olduğunu ve kent nüfusunun toplam nüfus içindeki payının %24,20 (3 305 879 kişi), köy nüfusunun toplam nüfus içindeki payının ise %75,80 (10 342 391 kişi) olduğu görülmektedir (TÜİK, 2019, tuik.gov.tr). 2018 yılında bu oransal dağılım % 93 kentsel nüfus, % 7 kırsal nüfus şeklinde kent ağırlıklı olarak değişmiş olmasına rağmen toplumbilimsel gerçeklik olarak köy, köylülük, kırsal alan, tarım kesiminin ekonomideki önemli varlığını korumaktadır (Keleş ve Mengi, 2017).

Köy Yerleşme Planı, 3194 sayılı İmar Kanunu ve buna bağlı yönetmeliklerin dışında bir parsellasyon planı niteliğindedir (Keleş ve Mengi, 2018). Köy Yerleşme Planlarına ilişkin mevzuat 3367 sayılı Kanunun ek madde 9, 10, 11, 12, 13 ve 14 ile 442 sayılı Köy Kanunu'nda yer almaktadır. 20.08.1987 Tarihli Resmî Gazete Sayısı 19550 ile yürürlüğe giren "Köy Yerleşme Alanı Uygulama Yönetmeliği" esas alınmaktadır. Bu doğrultuda köy muhtarı, köy ihtiyar meclisinin olumlu kararını aldıktan sonra, köy yerleşme planının yapılmasını bağlı bulunduğu mülki amirinden talep ederek köy yerleşme planı, köy yerleşik ve gelişme alanını içeren bir proje belirlemektedir (Ek Madde 9).

Valilikçe resen veya köy muhtarının talebi uygun bulunduğu takdirde, köy yerleşme planının yapılması için Köy Yerleşme Alanı Tespit Komisyonuna gönderilmektedir (Ek Madde 10). Komisyon kararı ve köy yerleşme planı köy muhtarlığına tebliğ edilmekte olup herhangi bir itiraz olmadı durumunda valinin onayı ile kesinleşmektedir. Köy muhtarı köy ihtiyar meclisinin kararına dayanarak komisyon kararına karşı en geç 30 gün içinde valiliğe itiraz edebilmekte, itiraz valilikçe 15 gün içinde karara bağlanarak kesinleştirilmektedir.

Köy yerleşme planında konut alanı ile köy genel ihtiyaçlarına ayrılan yerler, devletin hüküm ve tasarrufu altında bulunan seyrangâh, yol ve panayır yerleri gibi alanlar ve hazinenin mülkiyetinde olup kamu hizmetine tahsis edilmemiş taşınmazlardan, 4342 sayılı Mera Kanunu'nun 5. maddesi hükümleri uyarınca incelenmesinden sonra mera, yaylak ve kışlak ile otlak ve çayır olarak yararlanılamayacağı anlaşılan yerler köy yerleşme planının onayı ile bu vasıflarını kendiliğinden kaybetmektedir. Ancak bu madde kapsamında hazinenin mülkiyetinde olup kamu hizmetine tahsis edilmemiş taşınmazların devri Maliye Bakanlığının görüşü alınmak suretiyle yapılır ve valilikçe köy tüzel kişiliği adına tapuya tescil edilir.

Köy tüzelkişiliği adına, köy yerleşme planına göre en çok 2000 metrekare olmak üzere tescil edilen parseller köyde ikamet eden ve köy nüfusuna kayıtlı olup evi bulunmayan ihtiyaç sahiplerine ihtiyar meclisi kararı ile rayiç bedel üzerinden satılmaktadır. Satış bedeli peşin veya en çok 5 yılda ve 5 eşit taksitle tahsil edilerek imar işlerinde kullanılmak üzere köy sandığına yatırılmaktadır. İhtiyar Sahipliği Şartları Yönetmeliği'nin 12 maddesinde: a) isteklinin reşit olması, b) kendisine, eşine ve reşit olmayan çocuklarına ait evi veya arsası bulunmaması, var ise evinin harap, arsanın kullanışsız olması, c) isteklinin ikamet etmekte olduğu köy nüfusuna kayıtlı olması ve o köyde asgari 5 yıl oturmuş olması, ç) nüfus kaydı evvelce başka yerlerde olup, bu kanunun yürürlüğe girmesinden sonra bu köy nüfusuna aktarmış olanların, hak sahibi olabilmeleri için nüfus kaydı aktarma işlemi tarihinden itibaren 5 yıl süreyle fiilen o köyde ikamet etmiş olmaları şarttır. İsteklilerin sayısı arsa sayısından çok ise, arsalar: a) sel, yer kayması ve yangın gibi sebeplerle arsa ve evini kaybetmiş olanlar, b) kendisine, eşine ve reşit olmayan çocuklarına ait köy içinde inşaata müsait arsası bulunmayanlar, c) evi çok harap ve arsası elverişsiz olanlar, d) evli ve çok nüfus sahibi olanlar, çocuk sahibi dullar, e) evli olanlar, f) köydeki ikamet süresi fazla olanlar doğrultusunda öncelik sırasına uyularak satılmaktadır (Köy Kanunu).

Materyal

Bu çalışmada Çankırı il merkezine bağlı olan Ayan Köyü'nün sosyal, ekonomik, kültürel, demografik ve tarihi özellikleri ele alınarak, üst ölçekli plan kararlarındaki yeri ve önemi belirlenmekte ve köy yerleşim planı incelenmektedir. Bu çalışmada kırsal yaşam biçiminin mekansal yapısını düzenleyen yasal dayanaklar ve planlama ilkeleri ele alınmaktadır. Çalışmanın örneklem alanını Çankırı ili merkez ilçesinde yer alan Ayan Köyü oluşturmaktadır. Çankırı merkezine 11 kilometre mesafede yer alan kırsal yerleşim bölgesi demografik, kültürel ve coğrafi özelliklere göz önünde bulunarak doğa öncelikli bir köy planı oluşturulmuştur. 2 Nisan 2018 tarihinde onaylanan Köy Yerleşim Planı ile de dengeli, düzenli ve engelli duyarlılığına sahip bir mekânsal gelişim süreci ortaya konulduğu gözlenmektedir.

Sinop, Kastamonu, Çankırı Planlama Bölgesi 1/100.000 Ölçekli Çevre Düzeni Planı içinde Ayan Köyü konumu Şekil 1 de gösterilmekte olup bu belge köy yerleşim planı yapılabilmesi için istenilen veriler arasında da yer almaktadır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2019a). Verimli tarım toprakları ve mera alanları ile çevrelenmiş olan köyün temel ekonomik kaynağı tarım ve hayvancılığa bağlıdır. Köy yerleşim alanı konumu itibariyle merkez yerleşim alanına 11 kilometre mesafede yer aldığından sosyo-kültürel faaliyetler açısından merkezin olanaklarından faydalanabilmektedir. Coğrafi konumunun sunduğu olanakları en iyi şekilde değerlendiren Ayan Köyü halkı daha düzenli ve dengeli bir mekânsal gelişim süreci elde edebilmek için planlama sürecine başvurmuştur. Köy yerleşim alanının mücavir alan sınırı içinde yer aldığından köy yerleşme planı onayları Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca onaylanmaktadır.





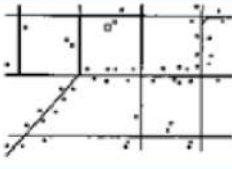

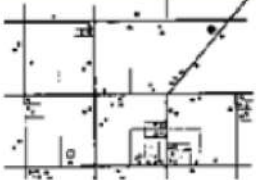

Şekil 1: Çalışma Alanının Çevre Düzeni Planı'ndaki Konumu (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2019a)

Metot ve Yöntem

Köy yerleşim planları yapılmadan önce kırsal alanının özgün yerleşim dokusunun korunması için yerinde gözlem ve incelemeler yapılması esastır (Meydan Yıldız, 2018). “Kırda yaşayan insanların refah düzeylerini artırmak, kırdan kente düzensiz ve hızlı göçü önlemek, ülke genelinde kır-kent ayrımından kaynaklanan dengesizlikleri gidermek ve kırdaki yaşayan insanların potansiyellerini kullanmaya dönük bütün” kırsal kalkınmayı desteklemeye yönelik planlama faaliyetleridir (Ertan ve Akkoyunlu Ertan, 2019). Bu süreç yerleşim alanının jeolojik ve morfolojik özelliklerine göre şekillenmektedir. Planlanacak olan köyün makroform özellikleri sırt-etek köyü, dağ köyü, ova köyü, vadi içi köy, orman içi köy, nehir kenarı köy ve sahil köyü olarak yedi kategoride incelenmektedir.

Ayan Köyü coğrafi yapısı itibarıyla kurak bir iklime sahip olup sırt-etek köy sınıflamasına girmektedir. Topografya özellikleri açısından eğim planlama sürecinde önemli bir eşik oluşturmakta olup 0-%15 arası düz, %16-%40 arası az eğimli, % 41 ve üzeri alanlar eğimli arazi olarak sınıflandırılmaktadır. Ayan Köyü topografik özellikleri bakımından düz bir arazide yer almaktadır.

Yerleşim yapısı ve tipi planlama sürecini şekillendiren bir diğer önemli iki kıstas olarak karşımıza çıkmaktadır. Köy yerleşim planları yapılırken toplu, dağınık ve kümeli model belirlenmekte olup, yerleşim tipi açısından ise merkezli, doğrusal, ışınsal, ızgara sistemli, organik, yağ lekeli, kompakt ve diğer olarak sınıflandırılmaktadır. Ayan Köyü yerleşim yapısı toplu bir özellik göstermekteyken yerleşim tipi açısından merkezidir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2019b).

TOPLU KÖY		<input checked="" type="checkbox"/> MERKEZLİ		<input checked="" type="checkbox"/>
DAĞINIK		<input type="checkbox"/> DOĞRUSAL		<input type="checkbox"/>
KÜMELER		<input type="checkbox"/> IŞINSAL		<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/> DİĞER (Belirtiniz)	<input type="checkbox"/>

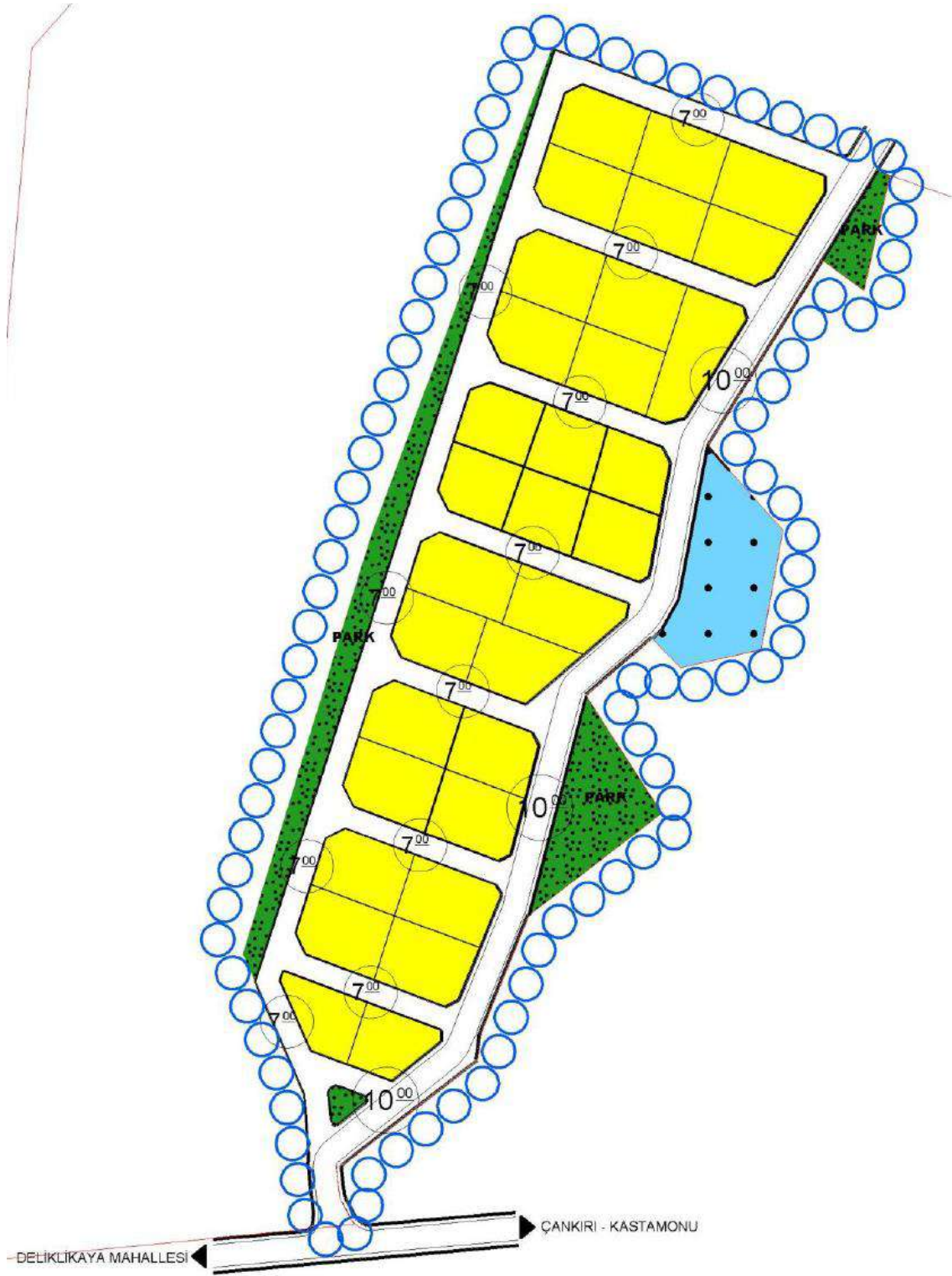
Şekil 2: Yerleşim Tipi ve Yerleşim Yapısı

Ayan Köy coğrafi özellikleri ve yaşam biçimi açısından geleneksel tarım tekniklerinin uygulandığı ve büyükbaş hayvancılığın yapıldığı bir köydür. Genç nüfusun köyde ikamet etme eğiliminin yüksek olduğu bir demografik yapıya sahiptir.

Bulgular

Çankırı merkeze yakınlığı nedeniyle eğitim amaçlı gidiş gelişler yapılabilme olanağının söz konusu olması nedeniyle göç sorununun diğer köy yerleşimlerine kıyasla az olduğu halde nüfus azalmaktadır. Köyde bir adet ilkököl bulunmasına rağmen, sağlık ocağı bulunmamaktadır. Kentsel yaşamın olumsuz etkilerinden kaçmak isteyenler için konumu ve doğal güzelliklerinin sunduğu imkanlar nedeniyle bir yazlık mekan olarak kullanıldığı söylenebilir. Yaz kış nüfus farkının yüksek olması köy yerleşim planının yapılmasının temel dayanağı olmuştur.

Köy yerleşim alanında ortalama parsel büyüklüğü 500-600 metrekare olup köy meydanı, çeşme, ibadethane ve su deposu ortak kullanım alanları olarak belirlenmiştir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2019c). Konut alanları ahşap yapı malzemesi kullanılarak, 2 katlı, karkas inşaat türüyle yapılmakta olup beşik ya da kırma çatı özelliğinde avlulu ve dış sofalı olarak yapılmıştır.



Şekil 3: Köy Yerleşim Planı (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2019c)

SONUÇ

Köy yerleşim planında koruma kullanma dengesine önem verildiği ve halkın gereksinimleri doğrultusunda alan kullanım kararlarının oluşturulduğu açıktır. Bu süreçte üst ölçekli plan kararlarından yararlanılmıştır. 5403 sayılı “Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu” ve ilgili mevzuatı gereği çevredeki tarım alanlarının zarar görmemesi için gerekli tedbirlerin alınması zorunlu olduğu belirtilmiştir.

Konut alanlarında yapılaşma koşulları; emsal 0.50 hmax 6.50 (2 kat), çekme mesafesi cephe aldığı yoldan 5 metre olacağı, avlulu olarak yapılacak olan yapılarda avlu duvarı yola sıfır olacağı, konut yapısı bahsi geçen çekme mesafelerine uygun yapılacağı belirtilmiştir. Sosyal ve kültürel tesis alanında yapılaşma koşulları; emsal 0.80, hmax 6.50 (2 kat), çekme mesafesi ön bahçe 5 metre, yan bahçe 5 metre olarak standartlara uygun olarak belirlenmiştir. Alanda toplanmaya imkân veren meydan düzenlemesi yapılacağı vurgulanmıştır. Yolların stabilize ya da taş olarak yapılacağı, konut parsellerinde, birden fazla konut amaçlı yapı yapılamayacağı ve yapılarda, 5378 sayılı engelliler ve engellilerin ulaşılabilirlikleri ile ilgili kriterlere uyulması gerektiği vurgulanmıştır.

KAYNAKLAR

- Ertan, Birol ve Akkoyunlu Ertan, Kıvılcım, (2019), “Türkiye’de Kırsal Gelişme Projeleri Üzerine” *Kırsal Kalkınma ve Kooperatifçilik*, s. 163-181, Ankara Üniversitesi Yayınları, Ankara.
- Geray, Cevat, (2015), “Büyükşehir Belediyelerine İlişkin 6360 Sayılı Yasanın Kısa Bir Değerlendirmesi”, *Yerel Yönetim, Kent ve Ekoloji*, Aykut Çoban (Ed.), Ankara, İmge Kitabevi, s. 57-64.
- Keleş, Ruşen ve Mengi, Ayşegül, (2018), *İmar Hukuku: Hukuksal, Yönetimsel ve Siyasal Boyutlarıyla*, İmge Kitabevi Yayınları, Ankara.
- Keleş, Ruşen ve Mengi, Ayşegül, (2017), *Kent Hukuku*, İmge Kitabevi Yayınları, Ankara.
- Mengi, Ayşegül ve İşçioğlu, Deniz, (2019), “Türkiye ve Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti’nde Kırsal Kalkınmada Köy Yönetimlerinin Değişen Rolü”, *Kırsal Kalkınma ve Kooperatifçilik*, s. 1-21, Ankara Üniversitesi Yayınları, Ankara.
- Mengi, Ayşegül ve Meydan Yıldız, Seçil Gül, (2019), “Eko Köylerde Yaşam ve Yönetim: Findhorn Eko Köyü Örneği”, s. 185-207, *Kırsal Kalkınma ve Kooperatifçilik*, s. 1-21, Ankara Üniversitesi Yayınları, Ankara.
- Meydan Yıldız, Seçil Gül, (2018), “Kültürün Mekânsal Değişimler Üzerindeki Etkisi”, *Gazi İktisat ve İşletme Dergisi*, Cilt 4, Sayı 3, s. 173-184 (Ekim 2018).
- Meydan Yıldız, Seçil Gül and Sengun, Hayriye, (2019), “Sustainable Urban Planning and Tourism Management”, *International Journal of Scientific and Technological Research*, 5(2): 78-86.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, (2019a), <https://mpgm.csb.gov.tr/sinop---kastamonu---cankiri-planlama-bolgesi-i-82193> (15.11.2019).

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, (2019b), <https://mpgm.csb.gov.tr/koy-yerlesme-plani-ve-mevzuattaki-yeri-i-88591> (17.11.2019).

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, (2019c), <https://mpgm.csb.gov.tr/koy-yerlesme-plani-i-88595>, (17.11.2019).

442 sayılı Köy Kanunu, Resmi Gazete, (2019)

[.https://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.21092&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=k%C3%B6y%20yerle](https://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.21092&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=k%C3%B6y%20yerle), (22.11.2019).

PEDOLOJİ ARAŞTIRMALARINA YENİ VE GÜÇLÜ BİR BAKIŞ AÇISI: HİDROPEDOLOJİ

Dr. Seval Sünal Kavaklıgil

Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi

Arş. Gör. Ülkü Yılmaz

Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi

Prof. Dr. Sabit Erşahin

Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi

ÖZET

Sürdürülebilir kaynakların kullanılmasında toprak, su, bitki ve hava temel özelliklerdir. Son zamanlarda Dünya’da yapılan birçok çalışmada bu kaynakların etkin kullanılmasında kritik bölgenin (Earth’s Critical Zone) önemine vurgu yapılmıştır. Bu bölgede toprak ve su en önemli iki etmendir. Toprakların ekolojik işlevlerinin gerçekleştirilmesi ve toprak oluşumunda meydana gelen süreçlerin daha iyi anlaşılabilmesi için pedosfer ve hidrosfer arasındaki kritik bölgede toprak fiziği, toprak kimyası, toprak hidrolojisi ve toprak oluşum süreçlerinin birlikte ele alınması gerekmektedir. Toprak oluşum faktörlerinin ve toprak hidrolik özelliklerin uzaysal ve zamansal ölçekte karşılıklı etkileşiminden dolayı toprak değişkenliği ölçeğe bağlıdır. Her bir ölçekteki toprağın özellikleri uzaysal farklılıklara ve farklı ünitelerin geometrik özelliklerine göre tanımlanır. Toprak özelliklerindeki bu farklılıkları ölçek bazında irdelemek, tanımlamak ve sınırlarını belli etmek için disiplinler arası çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Hidropedoloji; toprak makro- ve mikro morfolojisi ve vadoz zon hidrolojisi de dahil olmak üzere, toprak, hava ve su ara yüzleri ile ilgili diğer disiplinlerle birlikte pedoloji disiplinleri arasında köprü sağlar. Hidropedolojik bakış açısı sayesinde klasik pedoloji çalışmalarının tersine araziye uniform değerlendirmek yerine toprak ve su yönetim uygulamaları uygun hale getirilebilir. Ülkemizin önemli bir kısmının yarı-kurak olması sebebiyle, hidropedolojiye yönelik çalışmaların dikkate alınması toprak amenajmanında avantajlar sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Hidropedoloji, Pedoloji, Toprak Fiziği, Toprak Morfolojisi

ABSTRACT

Soil, water, plant and air are the main characteristics of sustainable resources. Many recent studies have emphasized the importance of the Earth’s Critical Zone for the effective use of these resources. Soil and water are the two most important factors in this region. Soil physics, soil chemistry, soil hydrology and soil formation processes should be considered together in order to realize the ecological functions of soils and to understand the processes occurring in soil formation better in the critical region between the pedosphere and the hydrosphere. Soil variability depends on the scale due to the interaction of soil formation factors and soil hydraulic properties on spatial and temporal scale. The properties of soil in each scale are defined according to spatial differences and the geometric properties of different units. Interdisciplinary studies are needed to examine, define and define these differences in soil properties on a scale basis. Hydropedology, provides a bridge between the disciplines of pedology as well as other disciplines related to soil, air and water interfaces, including soil macro- and micro-morphology and vadose zone hydrology. In contrast to classical pedology Due to the fact that a significant part of our country is semi-arid, taking into account the

studies on hydropedology will provide advantages in soil management. studies, hydropedological point of view can make land and water management practices suitable instead of evaluating the land uniformly.

Key Words: Hydropedology, Pedology, Soil Physics, Soil Morphology

GİRİŞ

Yarı-kurak bölgelerde toprakların gelişmesinde su önemli bir sınırlayıcı faktördür. Toprakların ekolojik işlevlerinin yerine getirilmesinde ve bitki gelişmesinde suyun anahtar önemi vardır. Toprak-su rejimi, tarım ve orman ekosistemlerinin üretkenliğinin temel belirleyicisidir. Su ana materyalin ayrışması ve toprak oluşumu için şarttır. Toprak oluşumunun tam olarak gerçekleşebilmesi için suyun regolit içinde hareketi yeterli değildir. Suyun profil içine sızması ve çözültüye geçen ayrışma ürünlerini profil içinde taşıyarak yer değiştirmelerini sağlaması gerekmektedir (Brady and Weil, 2000).

Toprak suyunun hidrolojik döngüdeki payı oldukça düşük, fakat birçok hidrolojik, biyolojik ve biyokimyasal süreçte önemi oldukça büyüktür (Brady and Weil, 2000). Özellikle yarı kurak bölgelerde toprağa düşen yağışın toprakta tutulması toprakta cereyan eden süreçler için son derece önemlidir. Toprak suyunun hidrolojik döngüdeki yerini tayin eden yegane faktör ise toprak hidrolik özelliklerinin bir fonksiyonu olan toprak suyu davranışdır. Toprakta besin elementi alınımı, besin elementlerinin ve kirleticilerin yıkanması gibi süreçlerin tamamı toprak hidrolik özellikleri tarafından kontrol edilir (Erşahin, 2001).

Toprak suyu, toprak ve atmosfer arasında meydana gelen süreçleri kontrol eder. Yüzey akış, yüzey altı akış ve tercihi akışın topografyadan etkilenmesi nedeniyle su toprakta eşit olarak (uniform) dağılmaz. Bu sebeple toprak suyunun uzaysal dağılımı önemli değişkenlik gösterir (Owe et al., 1982). Toprak özellikleri doğal süreçler, çevresel etmenler ve farklı amenajman uygulamaları sonucu dikey ve yatay yönde değişmektedir. Doğal süreçler birçok pedolojik ve jeolojik faktörlerden kaynaklanmaktadır. Jeostatistiksel olarak bu faktörlerin bazıları kısa bazıları ise daha uzun uzaysal mesafelerde etki göstermektedir (Castrignanò et al., 2000). Sadece yüzey topografyasına bakılarak toprak hakkında detaylı bilgi elde etmek zordur. Bu sebeple ana materyal ve toprak arasındaki ilişki son derece önemlidir. Topraklar jeolojik, pedolojik, biyolojik ve morfolojik süreçlerin etkisi altında oluşurlar. Fakat toprakları oluşturan bu süreçler toprağın oluştuğu ana materyalin etkisinden oldukça etkilenmektedirler (Lambert, 2007).

Wilding (1985)'e göre toprak özellikleri arasında en fazla değişkenliğe sahip özellikler, toprak kalınlığı, organik madde içeriği, plastiklik, değişebilir katyonlar ve hidrolik iletkenliktir. Toprak özelliklerinin değişkenliği, toprak hidrolojik süreçleri ve bu süreçlerin etkileri hakkında bilgi verebilir. Yarı-kurak bölgelerde infiltrasyon hızı ve hidrolik iletkenlik gibi hidrolojik süreçler zamansal ve mekansal olarak fazla değişkenlik gösterirler. Bu bölgelerde hidrolojik süreçler ve etki mekanizmaları bilindiği takdirde bu süreçlerin modellenmesi ve kontrol edilmesi daha kolay olur (Mayor et al., 2009). Hidrolojik süreçlerin toprak oluşumundaki etkileri karmaşık olduğundan, bunların sayısal olarak hesaba katılması, zor ve zaman alıcıdır (Tartakovsky et al., 2003; Wilding, 1985).

Hidropedoloji; toprak, su, iklim ve topografyanın karşılıklı etkileşimini inceler. Toprak özellikleri hidropedolojik süreçleri etkilerken, hidropedolojik süreçler de toprak özelliklerini etkiler ve neticede her iki faktörün ortak etkisinin bir sonucu olarak toprak fonksiyonu oluşur. Hidropedolojik süreçler toprak oluşumunu, toprakta taşınma ve birikme, su hareketi ve depolanmasını ve toprak matriksinin su ile olan etkileşimlerini inceler. Toprak hidropedolojisinin tepe-eğim ve su toplama alanlarında çalışılması zordur. Ancak bu süreçlerin farklı iklim, arazi ve coğrafik koşullarda çalışılması hem konunun daha iyi anlaşılması hem de bu alanların daha iyi kullanılması için elzemdir. Bu yönden bakıldığında başarılı bir arazi kullanımı, arazinin hidrolojik hassasiyeti, kirlilik ve akış mekanizmalarının anlaşılabilmesi için hidropedolojik modeller esastır.

Arazi ölçeğinde toprak hidropedolojisinin araştırılması oldukça yeni bir konu olup karmaşık süreçleri içermektedir. Hidropedolojik süreçlerin analizini zorlaştıran iki husus vardır; 1) bu süreçlerin zamansal ve uzaysal değişkenliği ve 2) bu süreçlerin anlaşılmasındaki güncel bilgi ve kaynakların eksikliği (Uhlenbrook et al., 2005). Bu süreçler üzerine farklı iklim, topografya ve ölçeklerde çok sayıda çalışma yapılmış olmasına rağmen, konunun karmaşık olması ve farklı disiplinlerden oluşan bir ekip çalışması gerektirmesi nedeni ile yeni çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır (Lin, 2003).

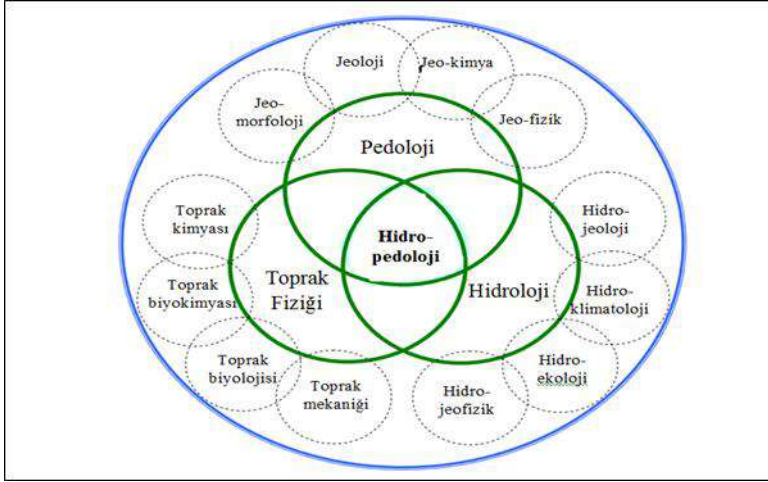
KAYNAK ÖZETLERİ

Hidropedoloji

Sürdürülebilir kaynakların kullanılmasında toprak, su, bitki ve hava temel özelliklerdir. Son zamanlarda Dünya’da yapılan birçok çalışmada bu kaynakların etkin kullanılmasında kritik bölgenin (Earth’s Critical Zone) önemine vurgu yapılmıştır. Kritik bölge kök bölgesi, derin vadoz bölge, yer altı ve yüzey suyu ve iklimin etkisinin de görüldüğü bölgeyi kapsar (Lin, 2010). Bu bölgede toprak ve su en önemli iki etmendir. Toprakların ekolojik işlevlerinin gerçekleştirilmesinde suyun yaşamsal bir önemi vardır. Geleneksel pedolojide toprak-su ilişkileri her zaman birlikte algılanıp kullanılmasına rağmen toprak ve suyun konu itibari ile ayrıldığı noktalar vardır (Pachepsky et al., 2008). Genellikle pedologlar arazide pedon ölçeğinde toprak profilinde gözlem ve tanımlamalar yaparak verileri sayısal olarak değerlendirir, toprak fizikçileri çok daha küçük ölçekli (kolon çalışmaları) teorik ve laboratuvar çalışmaları yapar ve hidrologlar ise toprak ve su da meydana gelen süreçleri havza ya da bölgesel ölçekte değerlendirirler (Lin, 2003a). Rabenhorst et al. (1998)’a göre toprak fizikçileri yüzey hidrolojisi, hillslope (tepe-eğim) dinamikleri, catena dağılımları ve toprak hidromorfolojisi gibi konuları pedologlar ile birlikte çalışırlar (Lin, 2003a). Bazı toprak bilimcileri ve hidrologlar arasında pedoloji teriminin kullanılmasında farklı yaklaşımlar ortaya çıkmıştır. Pedoloji terimi toprak biliminde özellikle toprak oluşumu, toprak morfolojisi ve sınıflandırılmasında bütünleştirici bir anlamı işaret eder (Minasny et al., 2008).

Hidropedoloji terimi ilk kez 1966 yılında M. Kutilek tarafından önerilmiştir. Araştırmacılara göre hidropedoloji doymamış bölgede hidrolojik süreçler ve bu süreçlerin özelliklerini toprak bilimi ve hidroloji ile ortak çalışarak tanımlaya çalışan bir bilim dalıdır (Kutilek and Nielsen, 2007). Hidropedoloji pedosfer ve hidrosfer arasında pedolojik ve hidrolojik süreçleri kapsayan çalışmalardır (Lin, 2011). Hidropedoloji toprak fiziği, pedoloji ve toprak hidrolojisi

arasında iyi bir köprü oluşturarak kritik bölgedeki hidrolojik süreçleri anlamamıza yardımcı olur (Şekil 1) (Lin, 2003a).



Şekil 1 Hidropedolojinin bileşenleri. Lin (2003a)'den uyarlanmıştır.

Lin et al. (2008)'a göre hidropedoloji 2 temel soruyu yanıtlamaya çalışır. Bunlar;

- (1) Toprak mimarisi (soil architecture) ve toprağın arazi üzerindeki dağılımı farklı zamansal ve mekansal ölçeklerde toprak suyu ve hidrolojik süreçler üzerinde nasıl bir kontrol oluşturur?
- (2) Arazinin hidrolojik süreçleri toprak oluşumu, gelişimi ve değişkenliğini nasıl etkiler?

Hidropedoloji bu iki temel sorunun içermekte olduğu değişken ve parametrelerin karşılıklı etkileşim ve geri beslemeler üzerine kurulmuştur. Daha geniş bir tanımlamayla toprak statik özellikleri toprak dinamik özelliklerini etkiler ve sonra da dinamik özellikler statik özellikleri etkilemeye başlar. Burada karşılıklı etkileşim ve geri beslemeler söz konusu olup, hidropedoloji tam bu noktada bu karşılıklı süreçlerin etki mekanizmalarını açıklamada yardımcı olur.

Lin (2011)'e göre ilk soru toprak mimarisi ve farklı ölçekler arasındaki fonksiyonu tanımlar. Burada toprak mimarisi (soil architecture) mikroskopik ölçekten makroskopik ölçeğe kadar toprak tekstürü, strüktürü, gözenek büyüklük dağılımı, hidrolik iletkenliği, su ve kimyasalların akış yolları ve ağları, gözenek morfolojisi, pedler, mikro ve makroporları kapsayan bir terimdir. Bu bağlamda hidropedoloji; toprak suyu doymuş/doymamış yüzey ve yeraltı su kaynağını, suyun depolanmasını, kullanılabilirliğini, akış ve akış ağlarını, ikamet süresini ve uzaysal dağılımını kapsar (Lin et al., 2006).

Lin (2011)'e göre ikinci soru, geleneksel pedoloji toprak hidrolojisi çalışmalarında göz ardı edilirken, hidropedoloji çalışmalarında yer almaktadır. Bu açıdan bakıldığında hidropedoloji, hidrolojik ve pedolojik çalışmaların eksik yönlerini kapatmaktadır. Toprak hidropedolojisi klasik pedoloji ve hidroloji çalışmalarının aksine sınırlara bağlı kalmaksızın farklı alanlar arasında bir köprü görevi üstlenerek süreçler arasındaki geri besleme ve etkileşimi tam olarak

açıklayabilmektedir. Hidropedolojinin toprak hidrolojisinden (vadoz bölge hidrolojisi) farklı yönleri vardır. Bunlar;

i) Hidropedoloji, araziyi yerinde inceler yani interaktif pedolojik/hidrolojik süreçlerin önemli olduğu yerlerde arazi-toprak ilişkilerini iyi anlayabilmek için toprak mimarisi, horizonlaşma, toprak morfolojisi, toprak jeomorfolojisi ve toprak oluşum ve sınıflama ile ilgili bilgilere ihtiyaç duyar.

ii) Hidropedoloji, doymuş ve doymamış yüzeyler ve yarı-doygun çevre ile ilgilidir. Ayrıca kök bölgesi, derin vadoz bölge, doymuş bölge, kapillar bölge, ıslak alanlar hatta sulak alanları da kapsar.

iii) Hidropedoloji, sadece hidrolojinin topraklar üzerindeki etkisine değil, pedogenesisteki hidrolojik geri beslemeler, yeraltı bölge heterojenliğinin var oluş nedeni ve bunun toprak değişkenliği ve toprak özellikleri üzerindeki etkisine de bakar (Lin et al., 2008).

Hidropedoloji de toprak-hidroloji-pedoloji arasındaki ilişkileri ölçeklendirerek incelemek önemlidir. Birbiriyle etkileşim halindeki bu süreçlerin hangi ölçekte ve hangi derecede etki yaptığı bu ilişkilerin anlaşılmasında oldukça önemlidir. Hidropedoloji dört farklı ölçekte incelenebilir. Bunlar;

- Mikroskopik ölçek: gözenek ve agregat düzeyinde,
- Mezoskopik ölçek: horizon ve pedon düzeyinde,
- Makroskopik ölçek: katena, havza ve tepe-eğim (hillslope) düzeyinde,
- Megaskopik ölçek: bölgesel ve küresel düzeyde.

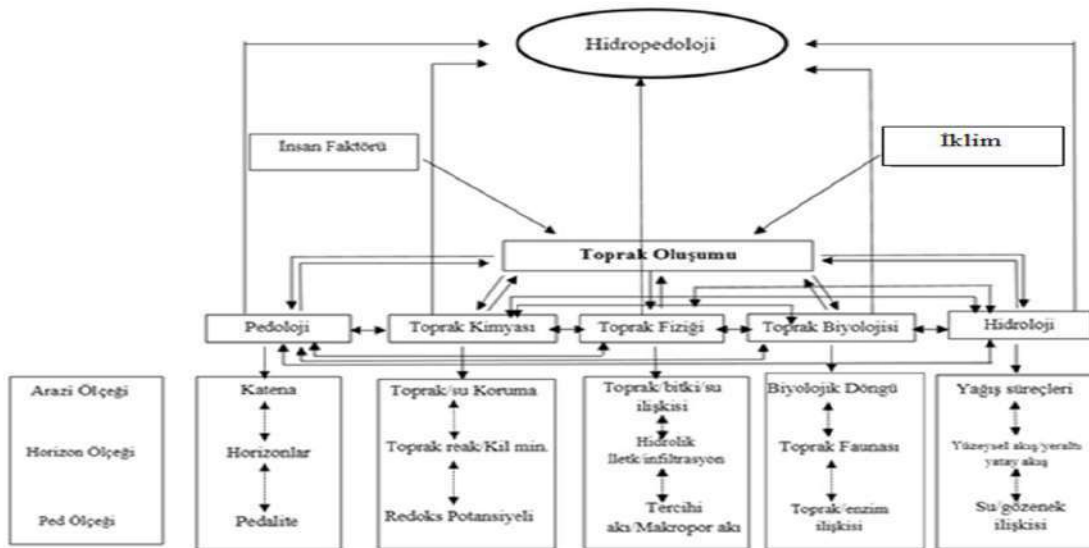
Hidropedoloji, hidrojeoloji ile birlikte yer altında toprak ve ana materyal ile suyun etkileşimini incelemek için bütünsel bir yaklaşım sunar. Toprak üstünde ise hidropedoloji, iklim, bitki örtüsü ve toprak arasındaki etkileşimi anlamak için hidroekoloji ve hidrometeoroloji ile bütünsel bir yaklaşım sunar. Aynı zamanda hidropedoloji, toprağın makro/mikromorfolojisi ve pedogenesisi ile etkileşime giren süreçleri de içerir (Lin et al., 2008).

Toprak oluşum faktörlerinin ve toprak hidrolik özelliklerin uzaysal ve zamansal ölçekte karşılıklı etkileşiminden dolayı toprak değişkenliği ölçeğe bağlıdır. Toprak özelliklerinin değişkenliği yapılan çalışmanın ölçeğine, araştırılan özelliğe ve kullanılan yöntemlere göre farklılık göstermektedir (Trangmar et al., 1985). Ölçeklendirme, hidropedolojik çalışmalarda önemli bir faktördür. Her bir ölçekteki toprağın özellikleri uzaysal farklılıklara ve farklı ünitelerin geometrik özelliklerine göre tanımlanır. Örneğin agregat/ped ölçeğinde toprak strüktürü birincil toprak parçacıklarının geometrik özellikleri ve uzaysal dağılımına göre belirlenir. Horizon/pedon ölçeğinde toprak strüktürü agregat veya pedlerin geometrik özellikleri ve uzaysal dağılımına göre belirlenir. Hillslope (tepe-eğim) ölçeğinde toprak strüktürü ise bitki örtüsü ve toprak horizonları tarafından belirlenir. En son olarak da bir su toplama bölgesinde toprak strüktürü toprak ana materyali tarafından belirlenir (Pachepsky et al., 2008).

Hidropedoloji çalışmalarında her bir ölçekte farklı toprak hidrolik özelliklerine bakılır. Örneğin, agregat/ped ölçeğinde toprak hidrolik özelliklerinden doymamış hidrolik iletkenlik etkiliyken, horizon/pedon ölçeğinde doymuş hidrolik iletkenlik ve su tutma kapasitesi etkilidir. Arazi ve su toplama alanı ölçeğinde ise yer altı ve yüzey akış dinamikleri etkili olmaktadır (Pachepsky et al., 2008). Toprak hidropedolojisindeki bu farklılıkları ölçek bazında irdelemek, tanımlamak ve sınırlarını belli etmek için toprak haritalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Hidropedolojik tanımlamalardan yola çıkılarak oluşturulan bir toprak haritası, toprakların sahip oldukları potansiyele uygun olarak kullanılmalara olanak sağlar.

Klasik pedoloji ile toprak-su dinamikleri yeterince açıklanamaz iken hidropedoloji, farklı ölçeklerde toprak yapısı ve hidrolojik fonksiyonlar arasındaki ilişkilerin tanımlanabilmesi için geliştirilmiştir. Klasik pedoloji toprağın birkaç metre altı ve toprak yüzeyini çalışırken, hidropedoloji yer altı suyu tablasına kadar uzanan derin vadoz bölge ve kök bölgesini de içine alır (Lin, 2003b). Hidropedolojide akış yollarının etki mekanizmasının bilinmesi kurak ve yarı-kurak bölgelerde tarımsal uygulamaların sürdürülebilirliği açısından giderek daha da önem kazanmıştır (Ticehurst et al., 2007). Özellikle yarı-kurak koşullarda doğal kaynakların yönetiminde birbirleriyle etkileşim halindeki süreçlerin etki şekli ve sonuçlarının bilinmesi önemli bir husustur. Oysa ki yarı-kurak bölgelerde akış olaylarının nasıl gerçekleştiği çok az bilinmektedir (Wilcox et al., 2007).

Hidropedoloji birbiriyle sürekli etkileşim halindeki sistemlerin bir bütünüdür (Şekil 2). Hidropedolojik bir diyagramın oluşturulması ile sistem dinamiklerinin anlaşılması ve açıklanması daha kolay olacaktır. Kavramsal diyagramlar yalnızca durum değişkenlerinin bir listesi değil, ekosistemdeki bileşenlerin birbiri ile nasıl bağlandığını da göstermektedir. Kavramsal diyagramlar oluşturulurken gereksiz süreç ve bileşenler çıkarılarak genel hatlar halinde oluşturmak daha iyi sonuç verir (Jørgensen and Bendricchio, 2001). Bir sistemin belirli davranışını anlamak için system bileşenleri arasında hiyerarşik bir düzen oluşturulmalıdır.



Şekil 2. Hidropedoloji için bir kavramsal model

Hidropedoloji de en önemli dar boğazlardan birisi akış ve taşınma süreçlerinin uzaysal ve zamansal ölçekler arasında ilişkilendirilememesidir. Bunlara neden olan etkiler; i) toprak özelliklerinin uzaysal ve zamansal değişkenliklerinin ölçekler arası geçiş yapılırken belirsizlikleri ve ii) jeofizik ve vadoz bölge hidrolojisinde akış ve taşınma süreçlerinin son derece değişken olmasıdır (Hopmans et al., 2002). Son yıllarda büyük ölçekli heterojen vadoz bölgede meydana gelen akış ve taşınma süreçlerini karakterize edebilmek için, genellikle daha küçük ölçeklerde elde edilen veriler ve sonuçlar kullanılmıştır. Tipik olarak, toprak hidrolik özellikleri için ölçüm aralığı 10 cm, büyük alanlar için ise 100 m ve daha fazladır (Hopmans et al., 2002).

HİDROPEDOLOJİK ÇALIŞMALARDA PEDOLOJİNİN ÖNEMİ

Toprak Oluşum Faktörleri

Topraklar doğal süreçler ve amenajman uygulamalarının etkisiyle farklılaşmışlardır. Doğal süreçler pedolojik ve jeolojik olaylardan kaynaklanmaktadır. Toprak oluşum faktörlerinden ana materyal, iklim, canlılar ve topografyadan gelen farklılık değişkenliğin ana sebebi olmasına karşın, amenajman uygulamaları da toprakların değişkenlik göstermesinde etkilidir (Castrignanò et al., 2000). Bir bölgedeki toprak oluşumu, o bölgedeki iklim ve canlıların farklı topografik koşullar ve belirli bir zaman içerisinde ana materyal üzerinde etkisinin bir fonksiyonudur. Aynı zamanda topraklar, belirtilen beş oluşum faktörü ile birlikte toprak profilinde meydana gelen ayrışma, taşınma, yıkanma, yer değiştirme gibi fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçlerin etkileri ile kendilerine özgü karakter kazanırlar (Dengiz and Gülser, 2014).

Tanju (1996)'ya göre toprak oluşumunun çok yavaş olmasından dolayı toprak gelişiminin gözlenmesi özellikle yüzey veya yüzeye yakın kısımlar dışında oldukça zordur. Fakat toprak oluşum faktörlerinin bir sonucu olarak meydana gelen farklılıkların incelenmesi ve bunlar arasında bir ilişki bulmak mümkündür (Dengiz et al., 2006). Bu bağlamda toprak oluşum faktörleri ve bunların toprak özellikleri ile karşılıklı etkileşiminin anlaşılabilmesi için, kritik bölgede hidropedolojik çalışmalara ihtiyaç vardır.

HİDROPEDOLOJİ TOPRAK ÖZELLİKLERİ ETKİLEŞİMİ

Joffe (1949)'e göre toprak morfolojisi, bir toprak profilinde profilin genel özelliklerinin ve şekillerinin kesin sınırlarla incelenmesi ve tanımlanmasıdır (Dinç et al., 1987). Toprak morfolojisinin yeterince tanımlanması arazide toprağın yerinde incelenmesi ile olabilir. Toprağın yerinde incelenmesi toprak profillerinin açılması ile mümkündür.

Arazide toprak profillerinin tanımlanmasında elde edilen bilgilerin anlaşılması ve diğer literatürler ile karşılaştırılabilmesi için tanımlamada standart toprak tanımlama klavuzları (örneğin, Field Book for Describing and Sampling Soils) kullanılmaktadır. Toprak horizonlarının tanımlanmasında renk, tekstür, strüktür, kıvam, nodüller, kütanlar, konkresyonlar, kökler, taşlılık, konsantrasyonlar ve mottles gibi birçok morfolojik özellik kullanılmaktadır (Schoeneberger, 2002). Toprak morfolojik özellikleri toprakta meydana gelen hidrolojik süreçlerin açıklanmasında yardımcı olmaktadır. Toprak hidrolik özelliklerinin

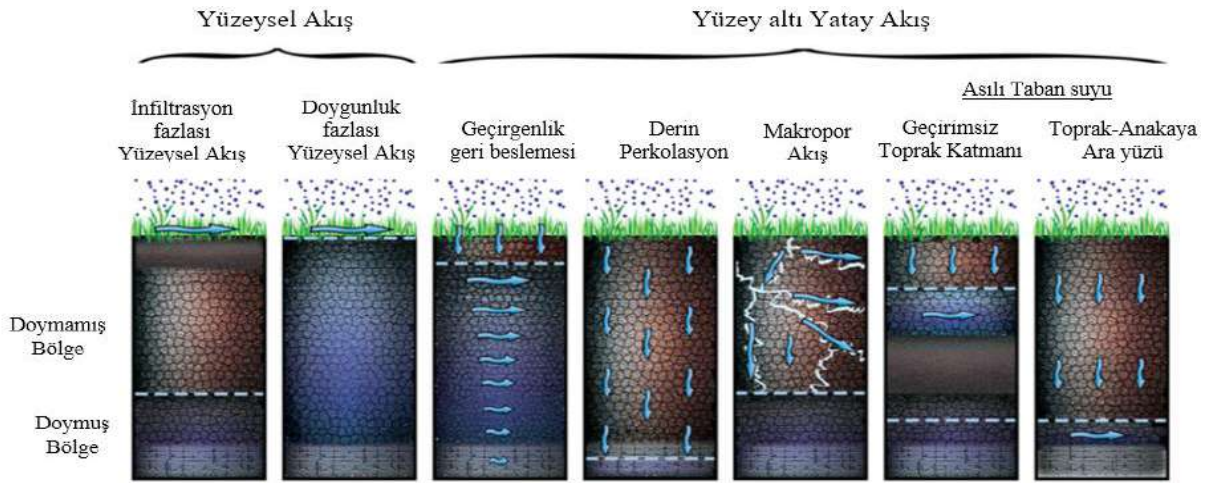
toprak morfolojisi ile ilişkilendirilmesi üzerine önemli çalışmalar yapılmıştır (Coen and Wang, 1989).

Toprak tekstürü, toprakta meydana gelen birçok fiziksel ve kimyasal süreci yönlendiren en önemli toprak fiziksel özelliğidir. Toprak suyunun içerisinde çözünmüş kimyasallar olmasına rağmen toprağın sıvı fazı toprak suyu olarak tanımlanmaktadır (Kırda and Sariyev, 2002). Bir toprağın suyu tutma ve salıverme özelliği toprağın hidrolik özelliklerine göre belirlenebilir. Tarla koşullarında özellikle taban suyunun altındaki alanlarda oluşan su hareketleri doymuş koşullarda gerçekleşmektedir. Doymuş topraklarda su akışını tanımlayabilmek için Darcy (1856) tarafından geliştirilen Darcy yasası kullanılmaktadır. Bitki kök bölgesinde meydana gelen toprak-su akış süreçlerinin birçoğu doymamış koşullarda meydana gelir. Doymamış akış boyunca suyun miktar ve durumu devamlı bir değişme gösterdiğinden bu akışın anlaşılması karmaşık ve güç bir olaydır. Ani ve şiddetli rüzgarlar toprak yüzeyindeki hava ve su buharının toplu halde hareketine (kitle hareketi) yol açmasına rağmen toprak profilinde buhar hareketi genelde difüzyon ile meydana gelir. Tercihi akı toprağın matriksi (dokusu) ile fazla etkileşmeden toprakta bazı yolları kullanarak hızlı bir şekilde ilerleyen su hareketini ifade eden bir terimdir. Tercihi akı genellikle A ve B horizonlarında yer alan çapları 0.1 mm'den daha büyük yapılardır. Ayrıca tercihi akı makroporlarda hızlı hareket eden akı (makropor akı), funneling (suyun belirli gözeneklerde toplanarak hareketi) ve fingering (suyun dengesiz şekilde toprak içinde ilerlemesi) süreçleri tarafından oluşturulabilir (Helling, 1991; Li and Ghodrati, 1994). Çoğu kez makropor akı yanlışlıkla tercihi akının yerine kullanılır. Makropor terimi toprakta biyolojik veya diğer süreçlerle oluşmuş, çapları 0.1-mm'den daha büyük olan yapıları belirtir (Ahuja et al., 1993). İnfiltrasyon, suyun toprağa girişi olarak tanımlanır. İnfiltrasyon hızı veya infiltrasyon kapasitesi ise toprağın birim yüzeyinden birim zamanda toprak profiline giren suyun hacmi olarak tanımlanır (Hillel, 1982). Vadoz bölgede meydana gelen süreçleri anlayabilmek için toprakta suyun hareketi ve toprak nemi önemli bir değişkendir. Vadoz bölgedeki toprak suyu özellikle yarı-kurak bölgelerdeki toprak nem dinamiklerinin zamanında ve doğru bir şekilde karakterize edilmesinde önemli rol oynar (Vereecken et al., 2008). Vadoz bölgede meydana gelen süreçler direk ve dolaylı olarak suyun taşınımını etkiler.

HİDROPEDOLOJİ- HİDROLOJİ İLİŞKİLERİ

Hidroloji toprak kimyasında önemli bir rol oynamaktadır. Jeokimyasal göstergeler hidrolojik süreçler ile yakından ilişkilidir (Park and Burt, 1999) ve pedolojik süreçlerin tahmininde de toprak kimyası kullanılmaktadır (McDonnell et al., 2007). Örneğin, bir toprak profilinde siyah beneklerin olması fiziksel ayrışmanın tepe-eğim hidrolojisi süreçlerini kontrol ettiğinin göstergesidir (van Tol, 2011). Toprak morfolojisi, toprak kimyası ve hidroloji arasında ilişkinin yorumlanması hidropedoloji açısından son derece önemlidir. Bouwer et al. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, toprak kimyası tarafından belirlenen hidrolojik akış yolları ile morfolojik özellikler tarafından belirlenen eski hidrolojik akış yollarının benzer veya ilişkili olduğu, toprak kimyası tarafından ortaya çıkarılan hidrolojik modeller ile toprak morfolojisi tarafından ortaya çıkarılan modellerin hidrolojik modellerde kullanılabileceği de rapor edilmiştir. Tepe-eğim ölçeğinde üç ana akış yolu vardır. Bunlar; a) yüzeysel akış

(overland flow), b) yeraltı yatay akış (subsurface lateral flow), c) anakayadan akış (bedrock flow) (Ticehurst et al., 2007). Yüzeysel ve yüzeyaltı akış süreçleri Şekil 3’de özetlenmiştir.



Şekil 3 Yüzeysel ve yüzeyaltı akış süreçleri Rinderer and Seibert (2012)’den uyarlanmıştır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Hidropedolojinin Önemi

Özellikle yarı-kurak bölgelerde toprak oluşumu ve toprak hidrolik özellikleri arasında kuvvetli bir ilişki bulunmaktadır. Bu tip bölgelerde toprak oluşumu ve toprak hidrolik özellikleri arasında kuvvetli bir ilişki bulunmaktadır. Hidropedolojiyi daha iyi tanımlayabilmek için yüzey altında gerçekleşen süreçleri ve bu süreçlerin yeterli ve etkin toprak-su amenajmanın üzerindeki etkilerinin anlaşılması ve kontrolü için çalışmalar yapılmalı ve sonuçların pratikte kullanımı teşvik edilmelidir.

Yüzey altında gerçekleşen süreçler, toprak oluşumu, toprak hidrolojisi ve hidrofiziksel süreçler üzerinde büyük bir kontrole sahiptir. Bu aşamada gerçekleşen iki yönlü geri-besleme mekanizmalarının anlaşılması oldukça önemlidir. Hidropedolojik kavram sayesinde, su ve toprak kaynaklarının yönetimi daha doğru tanımlanabilir, kavramın anlaşılması ile yerel erozyon, toprak/su kalitesi, yeraltı yatay akış, toprak morfolojisi ve hidrolojik süreçler arasındaki çoklu etkileşimlerin anlaşılması daha kolay hale gelerek sorunlu bölgeler için etkili ve güncel çözüm önerileri üretilebilir. Klasik pedoloji çalışmalarının tersine araziye uniform değerlendirmek yerine toprak ve su yönetimi uygulamaları yere özgü hale getirilebilir. Bunun yanında tepe-eğim ölçeğinde gerçekleşen su akış süreçlerine dayanarak çifçiler için gübre ve pestisit uygulamalarında kritik bölgeler hakkında detaylı bilgi verilebilir.

KAYNAKLAR

- Ahuja, LR, DG DeCoursey, BB Barnes and KW Rojas 1993. Characteristics of macropore transport studied with the ARS root zone water quality model. Transactions of the ASAE 36: 369-380.
- Bouwer, D, PAL Le Roux, JJ van Tol and CW van Huyssteen 2015. Using ancient and recent soil properties to design a conceptual hydrological response model. Geoderma 241: 1-11.

- Brady, N and RR Weil 2002. The nature and properties of soils. 13 Edic. Prentice Hall. New Jersey. USA. 598p.
- Castrignanò, A, L Giugliarini, R Risaliti and N Martinelli 2000. Study of spatial relationships among some soil physico-chemical properties of a field in central Italy using multivariate geostatistics. *Geoderma* 97: 39-60.
- Castrignanò, A, L Giugliarini, R Risaliti and N Martinelli 2000. Study of spatial relationships among some soil physico-chemical properties of a field in central Italy using multivariate geostatistics. *Geoderma* 97: 39-60.
- Coen, GM and C Wang 1989. Estimating vertical saturated hydraulic conductivity from soil morphology in Alberta. *Canadian Journal of Soil Science* 69: 1-16.
- Dengiz, Orhan and Coşkun Gülser 2014. Farklı fluvial depozitler üzerinde oluşmuş toprakların dağılım alanlarının belirlenmesi ve sınıflaması. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi* 1: 9-17.
- Dengiz, Orhan, M Kibar, M Yüksel, YK Kadioğlu, S Karaca and A Durak 2006. Farklı Yöney, Fizyografik Ünite ve Jeolojik Birimler Üzerinde Oluşmuş Toprakların Oluşumları. *Tarım Bilimleri Dergisi* 12: 349-356.
- Dinç, U, S Kapur, H Özbek and S Şenol 1987. Toprak Genesisi ve Sınıflandırılması. Çukurova Üniversitesi Yayınları Ders Kitabı 7.
- Erşahin, S., 2001. 2001. Toprak Amenajmanı. . GOÜ Ziraat Fakültesi Ders Notları Serisi Tokat 21: 44-57.
- Helling, CS. and Gish. T J. 1991. Physical and Chemical Processes Affecting Preferential Flow,". Preferential Flow, Proceedings of the National Symposium: 77-86.
- Hopmans, Jan W, Don R Nielsen and Keith L Bristow 2002. How Useful are Small- Scale Soil Hydraulic Property Measurements for Large- Scale Vadose Zone Modeling? *Environmental Mechanics: Water, Mass and Energy Transfer in the Biosphere: The Philip Volume*: 247-258.
- Jørgensen, Sven Erik and Giuseppe Bendoricchio 2001. Fundamentals of ecological modelling: Elsevier.
- Kırda, C and A Sariyev 2002. Toprak Fiziği. ÇÜ Ziraat Fakültesi Genel Yayın.
- Kutilek, Miroslav and Donald R. Nielsen 2007. Interdisciplinarity of hydrogeology. *Geoderma* 138: 252-260. doi: 10.1016/j.geoderma.2006.11.015
- Lambert, Raymond S 2007. Soils: Genesis and Geomorphology (Randall Schaetzl and Sharon Anderson). *Environmental & Engineering Geoscience* 13: 77-78.
- Li, Yimin and Masoud Ghodrati 1994. Preferential transport of nitrate through soil columns containing root channels. *Soil Science Society of America Journal* 58: 653-659.
- Lin, H 2010a. Earth's Critical Zone and hydrogeology: concepts, characteristics, and advances. *Hydrology and Earth System Sciences* 14: 25.
- Lin, H, J Bouma, LP Wilding, JL Richardson, M Kutilek and DR Nielsen 2005a. Advances in hydrogeology. *Advances in agronomy* 85: 1-89.
- Lin, H. S. K. J. McInnes, L. P. Wilding, and C. T. Hallmark 1999. Effects of Soil Morphology on Hydraulic Properties: II. Hydraulic Pedotransfer Functions *Soil Science Society of America Journal* 63: 955-961.
- Lin, Hangsheng 1995. Hydraulic properties and macropore flow of water in relation to soil morphology.
- Lin, Hangsheng 2003a. *Hydrogeology*. *Vadose Zone Journal* 2: 1-11.
- Lin, Hangsheng 2003b. *Hydrogeology: Bridging Disciplines, Scales, and Data*. *Vadose Zone Journal* 2:1-11 2: 1-11.
- Lin, Hangsheng, Dan Wheeler, Jay Bell and Larry Wilding 2005b. Assessment of soil spatial variability at multiple scales. *Ecological Modelling* 182: 271-290.
- Lin, Henry 2010b. Linking principles of soil formation and flow regimes. *Journal of Hydrology* 393: 3-19.
- Lin, Henry 2011. *Hydrogeology: Towards new insights into interactive pedologic and hydrologic processes across scales*. *Journal of Hydrology* 406: 141-145. doi: 10.1016/j.jhydrol.2011.05.054
- Lin, Henry, Erin Brooks, Paul Mcdaniel and Jan Boll 2008. *Hydrogeology and surface/subsurface runoff processes*. *Encyclopedia of Hydrological Sciences*.

- Lin, Henry, Johan Bouma, Yakov Pachepsky, Andrew Western, James Thompson, Rien Van Genuchten, Hans- Jörg Vogel and Allan Lilly 2006a. *Hydropedology: Synergistic integration of pedology and hydrology*. *Water Resources Research* 42.
- Lin, HS, W Kogelmann, C Walker and MA Bruns 2006b. *Soil moisture patterns in a forested catchment: A hydropedological perspective*. *Geoderma* 131: 345-368.
- Lin, Yong-Hong 2010c. *Effects of aluminum on root growth and absorption of nutrients by two pineapple cultivars [Ananas comosus (L.) Merr.]*. *African Journal of Biotechnology* 9: 4034-4041.
- Mayor, Ángeles G, Susana Bautista and Juan Bellot 2009. *Factors and interactions controlling infiltration, runoff, and soil loss at the microscale in a patchy Mediterranean semiarid landscape*. *Earth Surface Processes and Landforms* 34: 1702-1711.
- McDonnell, JJ, M Sivapalan, K Vaché, S Dunn, G Grant, R Haggerty, C Hinz, R Hooper, J Kirchner and ML Roderick 2007. *Moving beyond heterogeneity and process complexity: A new vision for watershed hydrology*. *Water Resources Research* 43.
- Minasny, Budiman, Alex B McBratney and Sébastien Salvador-Blanes 2008. *Quantitative models for pedogenesis—A review*. *Geoderma* 144: 140-157.
- Owe, Manfred, E Bruce Jones and Thomas J Schmutge 1982. *Soil Moisture Variation Patterns Observed In Hand County, South Dakota*. In *Soil Moisture Variation Patterns Observed In Hand County, South Dakota*: Wiley Online Library.
- Pachepsky, Yakov, Daniel Gimenez, Allan Lilly and Attila Nemes 2008. *Promises of hydropedology*. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources* 3: 1-19.
- Park, SJ and TP Burt 1999. *Identification of throughflow using the distribution of secondary iron oxides in soils*. *Geoderma* 93: 61-84
- Rabenhorst, Martin Capell, Jay C Bell and Paul A McDaniel 1998. *Quantifying soil hydromorphology*.
- Rinderer, Michael and Jan Seibert 2012. *Soil information in hydrologic models: Hard data, soft data, and the dialog between experimentalists and modelers*: na.
- Tanju, Ö 1996. *Toprak Genesis ve Sınıflandırma*. Ankara Üniv. Zir. Fak. Ders Kitabı 437.
- Tartakovsky, Daniel M, Zhiming Lu, Alberto Guadagnini and Alexandre M Tartakovsky 2003. *Unsaturated flow in heterogeneous soils with spatially distributed uncertain hydraulic parameters*. *Journal of Hydrology* 275: 182-193.
- Ticehurst, Jenifer Lyn, HP Cresswell, NJ McKenzie and MR Glover 2007. *Interpreting soil and topographic properties to conceptualise hillslope hydrology*. *Geoderma* 137: 279-292.
- Trangmar, Bruce B, Russel S Yost and Goro Uehara 1985. *Application of geostatistics to spatial studies of soil properties*. *Advances in agronomy* 38: 45-94.
- Uhlenbrook, S, J Wenninger and S Lorentz 2005. *What happens after the catchment caught the storm? Hydrological processes at the small, semi-arid Weatherley catchment, South-Africa*. *Advances in Geosciences* 2: 237-241.
- van Tol, J.J.V Pieter Le Roux and Malcolm Hensley 2011. *Soil indicator of hillslope hydrology*. *S. Afr. J. Plant & Soil* 27: 242-251
- Vereecken, H, JA Huisman, H Bogaen, Jan Vanderborght, JA Vrugt and JW Hopmans 2008. *On the value of soil moisture measurements in vadose zone hydrology: A review*. *Water Resources Research* 44.
- Wilcox, Bradford P, Larry P Wilding and CM Woodruff 2007. *Soil and topographic controls on runoff generation from stepped landforms in the Edwards Plateau of Central Texas*. *Geophysical Research Letters* 34.
- Wilding, LP 1985. *Spatial variability: its documentation, accommodation and implication to soil surveys*. In *Spatial variability: its documentation, accommodation and implication to soil surveys*, *Soil spatial variability*. Workshop, 166-194.

THE EFFECT OF POST-TENSIONING FORCES OF STAY-CABLE ON THE STRUCTURAL BEHAVIOR OF CABLE-STAYED BRIDGE

Asst. Prof. Barbaros ATMACA
Karadeniz Technical University, Department of Civil Engineering

ABSTRACT

Stay-cables are one of the most crucial structural elements of cable-stayed bridges. This structural element is used to support the bridge deck, transferring dead and live load exposed to deck through pylon and control the vertical deck and horizontal pylon displacement with the help of post-tensioning forces (PTF) of stay-cables. There are some methods to determine the PTF of stay-cables to ensure the desired limits of displacement and stresses such as optimization, zero displacement, force equilibrium and trial-and-error method. The aim of this study is to present the effect of PTF of stay-cable on the structural behavior of cable-stayed bridge. To achieve this aim one of the existing cable-stayed bridge was selected as an example. Three dimensional (3D) finite element models (FEM) of selected bridge, with and without PTF of stay-cable, was created by SAP2000. The results obtained from these two FEMs were compared each other and the efficiency of post-tensioning forces of stay-cable were shown.

Keywords: Cable-stay bridges, finite element model, post-tensioning forces, stay-cable.

1. INTRODUCTION

Human being has countless different needs such as food, water, structures used as a shelter etc. Transportation is required to meet some of these needs. The obstacle such as rivers and deep valley prevent required transportation network. The bridge was discovered centuries ago by human beings to overcome these difficulties. Many bridges have been built since the first bridge. Each bridge created knowledge for the next bridge. This situation has resulted in the generation of new bridge types such as suspension and cable-stayed bridges. Recent decades, these bridges have been frequently constructed to passing of medium and long spans. The main structural elements of these bridges are foundation, deck, pylon and cables. Different from suspension bridges, cables are directly joined deck and pylon at cable-stayed bridges. Cables are used to perform multiple tasks such as; support the bridge deck, transfer dead and live load exposed to deck through pylon, distribution of bending moment in the deck and control the vertical deck and horizontal pylon displacement with the help of post-tensioning forces (PTF) of stay-cables. Stay-cables cannot act as structural element until PTF are applied so determination of applied PTF of stay-cables is very important for overall design stages (Li et al., 2018). Under the dead load of structural and non-structural element of the bridge, the vertical deck and horizontal pylon displacement must be zero (Hassan et al., 2013). To determine the PTF of stay-cables to ensure the desired displacement of deck and pylon with trial-and-error procedure is time-consuming, expensive and unable to find optimum solution generally. PTF of stay-cables influences the overall design of the bridge so most of the time, to calculate PTF of stay-cables at the design stage is considered one of the most common difficulties (Freire et al., 2006; Xiao et al., 2001). Optimization, zero displacement and force equilibrium method are used to obtain an appropriate initial cable forces in cable-stayed bridges. Atmaca and Ateş (2018) investigated the effect of prestressing force of tendon on the camber calculation of prestressed concrete I-girder. At the end of their study, they concluded that camber predicted by elastic-stability theory gives acceptable results than the linear-elastic

beam theory while strand releasing. Atmaca (2019) compared the dynamic behavior of the prestressed concrete and reinforced concrete beam to illustrate the effect of prestressing force. Mode shapes and periods of prestressed concrete and reinforced concrete beams obtained from analytical prediction by formulation and numerical by FEM are compared with each other. Result of the study indicates that prestressing force affected the dynamic behavior of beam.

The aim of this study is to present the effect of PTF of stay-cable on the structural behavior of cable-stayed bridge. To achieve this aim one of the existing cable-stayed bridge constructed in Antalya was selected as an example. Three dimensional (3D) finite element models (FEM) of selected bridge, with and without PTF of stay-cable (FEM-1 and FEM-2), was created by SAP2000. Linear static and modal analysis performed under dead load, live load and PTF of stay-cables to obtain displacements, initial forces and modal parameters such as mode shapes and periods. To obtain modal characteristic of the FEM-2 geometric nonlinearity was taken into account in PTF loads case and stiffness at the end of this case was used in nonlinear modal analyses to determine the effect of PTF.

2. DESCRIPTION AND FINITE ELEMENT MODEL OF THE BRIDGE

Manavgat Cable-stayed Bridge is selected as an application in this study (Fig. 1). The total length of the bridge is 202 m. The bridge has inverse Y-shaped steel tower and composite deck. The composite deck was formed by placing 25 cm thick concrete and 10 cm thick asphalt on I steel profiles used in longitudinal and transverse directions. The bridge has a total of 28 steel stay-cables. The section properties of the cables and material properties of the bridge are shown in Table 1 and Table 2, respectively. 3D FEMs of the bridge was created with SAP2000 (2008) in order to obtain the structural behavior of selected bridge. The bridge model consist, 28 truss elements (cables), 1102 beam elements (The steel I profile of deck and tower) and 1980 shell elements (concrete part of deck). Dead loads of the bridge calculated with program automatically. The magnitude of live load live acting on the road surface along the span length was taken into account as 4 kN/m^2 (Baldomir et al., 2010).

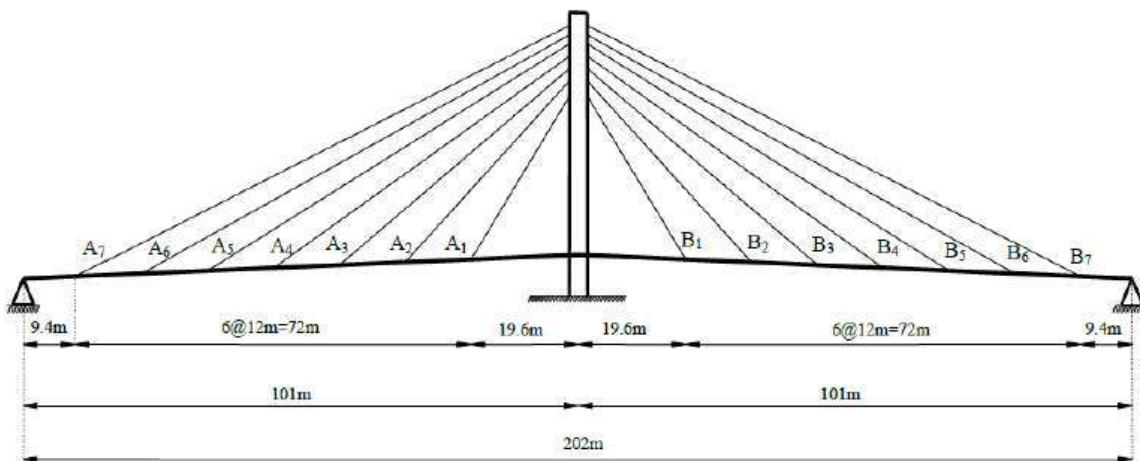


Fig. 1. Selected bridge elevation

Table 1. Properties of stay cable

Stay cable	Number of strand	Diameter of strand	Cross-sectional area of stay cable	Strain of stay-cable
------------	------------------	--------------------	------------------------------------	----------------------

number			(mm ²)	
A ₁ -B ₁	15	15.2	2100	-0.0034
A ₂ -B ₂	16	15.2	2240	-0.0010
A ₃ -B ₃	19	15.2	2660	-0.0039
A ₄ -B ₄	19	15.2	2660	-0.0010
A ₅ -B ₅	22	15.2	3080	-0.0034
A ₆ -B ₆	19	15.2	2660	-0.0021
A ₇ -B ₇	24	15.2	3360	-0.0030

Table 2. Material properties of the bridge

Material Properties			Unit
<i>Strand</i>	Type	270K	-
	Ultimate strength	1862	MPa
	Weight per unit volume	78.5	kN/m ³
	Modulus of Elasticity	197000	MPa
	Poisson's Ratio	0.3	-
<i>Structural steel</i>	Type	S355	-
	Weight per unit volume	78.5	kN/m ³
	Modulus of Elasticity	200000	MPa
	Poisson's Ratio	0.3	-
<i>Deck concrete</i>	Type	C40/50	-
	Modulus of Elasticity	34000	MPa
	Weight per unit volume	25	kN/m ³
	Poisson's Ratio	0.2	-

3. RESULTS

The purpose of this study is to find out the effect of PTF of stay-cable on the structural behavior of cable-stayed bridge. 3D FEMs, with and without post-tensioning forces of stay-cable, were created with using SAP2000. Linear static and modal analysis performed under dead load, live load and PTF of stay-cables to obtain displacements, initial forces and modal parameters such as mode shapes and periods. To obtain modal characteristic of the FEM-2 geometric nonlinearity was taken into account in PTF loads case and stiffness at the end of this case was used in nonlinear modal analyses to determine the effect of PTF.

Dynamic characteristic such as periods and mode shapes obtained from modal analysis of FEM-1 and FEM-2 are given Fig. 2. The mode shapes of FEM-1 and FEM-2 obtained from modal analysis indicate that mode shapes of the bridge are not affected on PTF of stay-cable. The periods of FEM-1 and FEM-2 are different from each other so PTF is affected the periods of the bridges. The maximum effect of PTF is seen in the first period of bridge.

Vertical displacements of the bridge deck of FEM-1 and FEM-2 are given Fig.3. The maximum vertical deck displacements obtained from FEM-1 and FEM-2 are -343 mm and -94 mm, respectively. As seen from the Fig.3, when the PTF applied to the stay-cables, vertical deck displacements decrease significantly. The vertical deck displacement of FEM-2 is in the proposed limit value (L/550) but vertical deck displacement of FEM-1 is exceeding the limit value.

1 st Mode		2 st Mode	
<u>FEM-1</u>	<u>FEM-2</u>	<u>FEM-1</u>	<u>FEM-2</u>
T=1.3898 sn	T=1.4238 sn	T=0.8905 sn	T=0.8989 sn

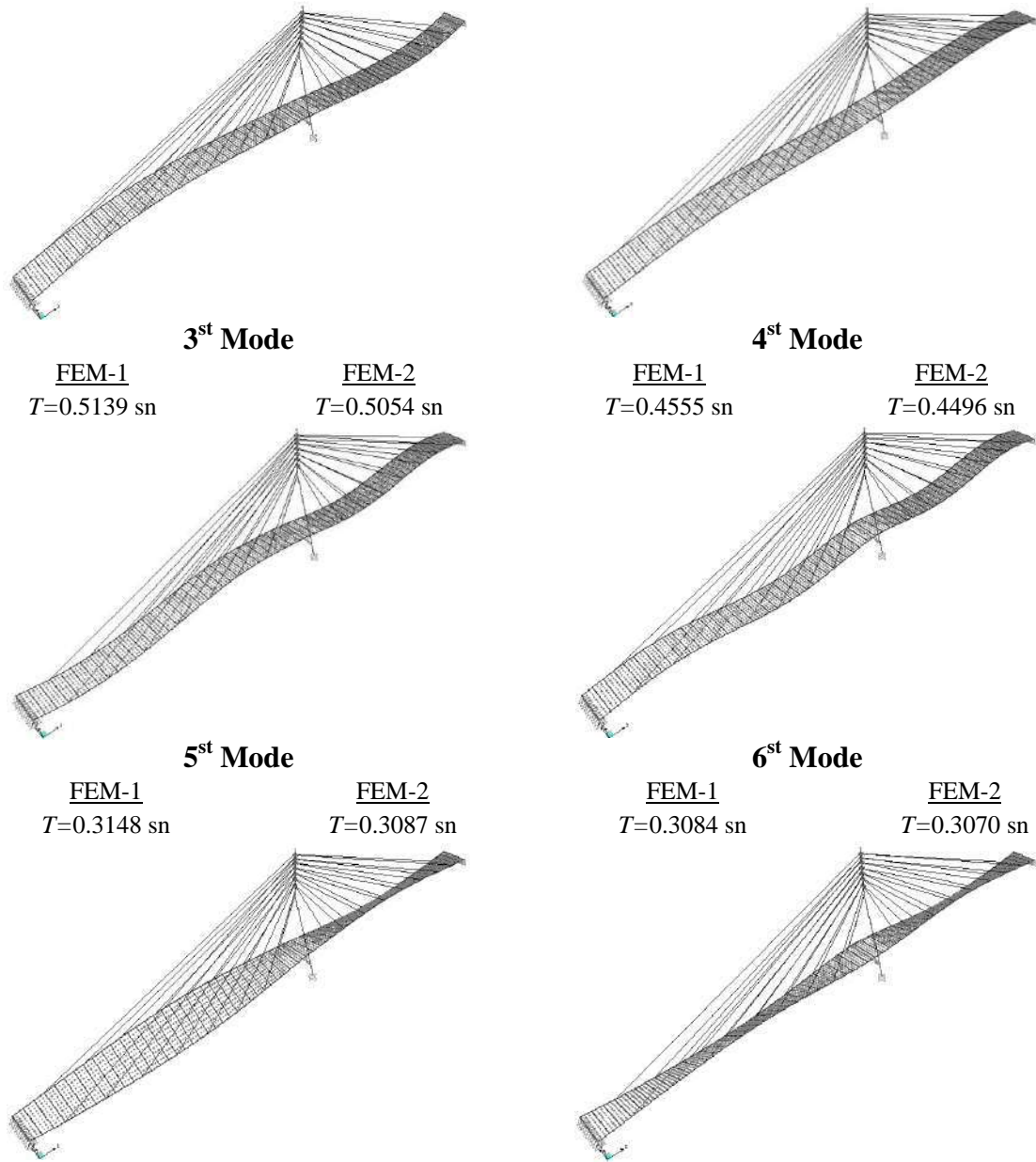


Fig. 2. The mode shapes and periods

Bending moment of the bridge deck and stay-cable stresses of FEM-1 and FEM-2 are given Fig.4 and Fig.5, respectively. The maximum and minimum bending moments of the bridge deck are obtained 6526 kNm -8665.94 kNm from FEM-1, 2005.82 kNm -3104.81 kNm from FEM-2. It is clearly seen that when the PTF applied to the stay-cables, the maximum and minimum bending moments of the bridge deck are decreased. The stress of stay-cables obtained from FEM-1 is lower than FEM-2 but these stresses are under the limit value.

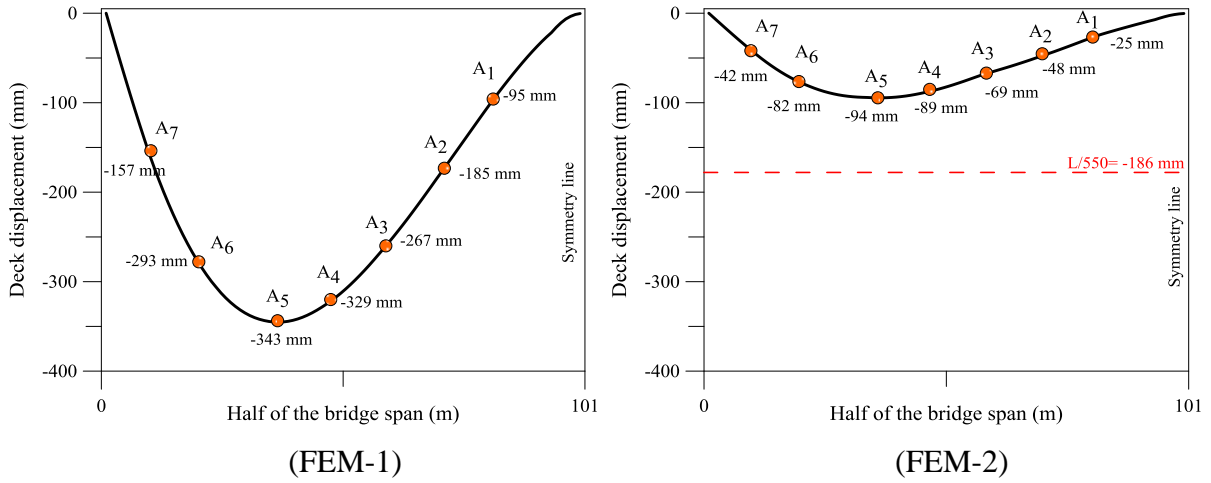


Fig. 3. Vertical displacement of the deck

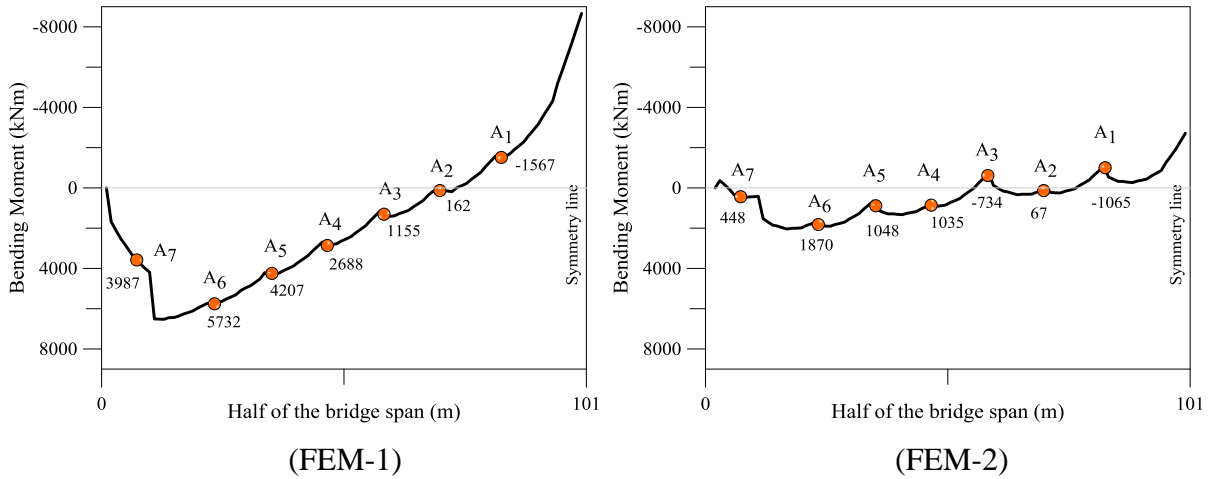


Fig. 4. Bending moment of the deck

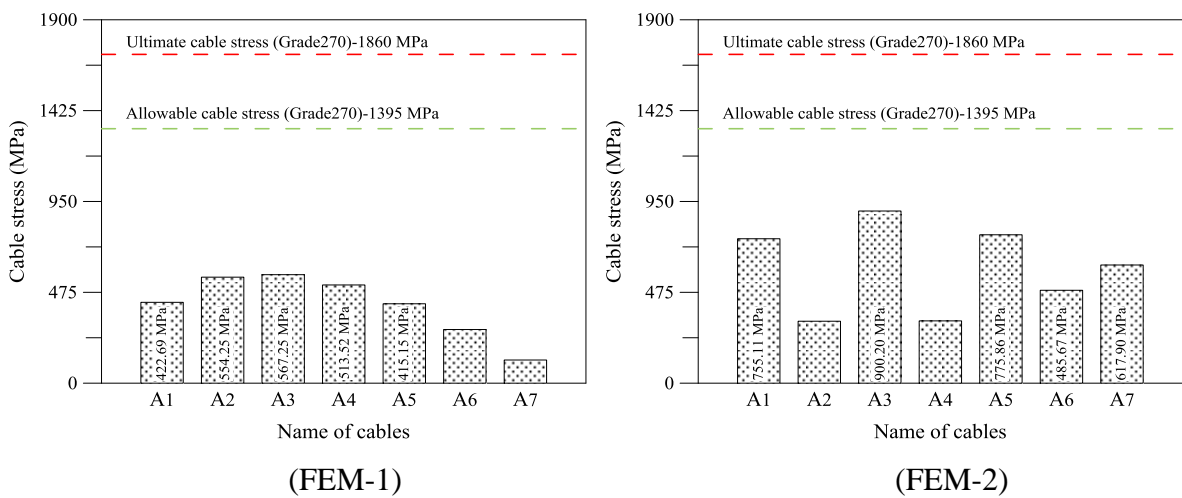


Fig. 4. Stay-cable stresses

4. CONCLUSION

The aim of this study is to present the effect of PTF of stay-cable on the structural behavior of cable-stayed bridge. To achieve this aim one of the existing cable-stayed bridge was selected as an example. Three dimensional (3D) finite element models (FEM) of selected bridge, with and without PTF of stay-cable, was created by SAP2000. Linear static and modal analysis performed under dead load, live load and PTF of stay-cables to obtain displacements, initial forces and modal parameters such as mode shapes and periods. To obtain modal characteristic of the FEM-2 geometric nonlinearity was taken into account in PTF loads case and stiffness at the end of this case was used in nonlinear modal analyses to determine the effect of PTF. According to the obtained result from this study conclusions can be drawn as:

- Stay-cables cannot act as structural element until PTF are applied so determination of applied PTF of stay-cables is very important for overall design stages
- The mode shapes of FEM-1 and FEM-2 obtained from modal analysis indicate that mode shapes of the bridge are not affected on PTF of stay-cable.
- The periods of FEM-1 and FEM-2 are different from each other and the maximum effect of PTF is seen in the first period of bridge.
- Cables are used to perform multiple tasks such as; support the bridge deck, transfer dead and live load exposed to deck, distribution of bending moment in the deck and control the vertical deck displacement with the help of PTF of stay-cables.
- When the PTF applied to the stay-cables, vertical deck displacements, maximum and minimum bending moments of the bridge deck decrease.

5. REFERENCES

- Atmaca, B.** (2019) "Comparison of Dynamic Characteristics of Prestressed and Reinforced Concrete Beams" *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(1), 37-44.
- Atmaca, B., Ates, S.** (2017) "Camber calculation of prestressed concrete I-Girder considering geometric nonlinearity." *Computers and Concrete*, 19(1), 1-6.
- Baldomir A., Hernandez S., Nieto F. and Jurado J. A.** (2010) "Cable optimization of a long span cable stayed bridge in La Coruña (Spain)" *Advances in Engineering Software*, 41, 931-938
- Freire A.M.S., Negrão J.H.O., and Lopes A.V.** (2006) "Geometrical nonlinearities on the static analysis of highly flexible steel cable-stayed bridges" *Computers & Structures*, 84, 2128-2140
- Hassan M.M., Annan C.D., Norlander G.W.** (2012) "Optimal Design of Stay Cables in Cable-Stayed Bridges" 3rd International Structural Specialty Conference, Edmonton, Alberta.
- Li F., He J., Zhang Z., Liu Y., Ke H., Dong C., and Li H.,** (2018) "An improved analytical algorithm on main cable system of suspension bridge" *Applied Science*, 8, 1358-1373.
- SAP2000 (2008) Computers & Structures, CALIFORNIA.
- Xiao R., Jia L., Song X., Xiang H.,** (2001) "Influence matrix method of cable tension optimization for long span cable-stayed bridges" IABSE Conference on cable-supported bridges. Seoul.

QR KODUN HARİTA MÜHENDİSLİĞİ UYGULAMALARINA ENTEGRASYONU

INTEGRATION OF QR CODE TO GEOMATIC ENGINEERING APPLICATIONS

Zeynel Abidin POLAT *

* Katip Çelebi University, Faculty of Engineering and Architecture,
Department of Geomatic Engineering, Çiğli, İzmir

Özet

QR (Quick Response) kod mobil özellikli cihazlara entegre kameralar vasıtasıyla okunabilen 2 boyutlu bir barkod sistemidir. QR kodun en belirgin özelliği kullanıcılara bilgi akışını hızlandırmasıdır. Bu bakımdan QR kod dijital platformlardaki bilgi aktarımını hızlandırmanın en etkin görsel unsurlarından biri olarak kabul edilmektedir. 1994 yılında Japon Denso firması tarafından geliştirilen kod genellikle kare beyaz fon üzerinde siyah motiflerden oluşur. Barkod içerisine kaydedilen görsel çözümlenerek kullanıcıyı örneğin bir internet adresine, e-posta adresine, telefon numarasına, iletişim bilgilerine, SMS veya MMS'ye veya coğrafi konum bilgisine yönlendirebilir. Zaman içerisinde QR kodlar pazarlama, endüstri, reklamcılık, eğitim gibi birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır. QR kodun içerdiği teknolojik özellik sayesinde kullanıcılara, istenilen içerik doğrudan ve hızlı bir şekilde ulaştırılmaktadır.

Haritacılık sektörü son yıllarda artan teknolojik gelişmeler, kullanıcı odaklı değişim, verinin üretimi, toplanması ve paylaşılması açısından ortaya çıkan yenilikler sayesinde daha çok gelişmiştir. Veri kalitesinde ve güncelliğindeki iyileşme, kullanıcıların zamandan ve mekandan bağımsız anlık erişim istekleri ve bu bağlamda gerçekleşen teknoloji ve ağ altyapısındaki gelişme, yaygınlaşma haritacılık sektörünü diğer sektörlere nazaran daha fazla gelişmesine katkı sağlamıştır. Bununla birlikte mobil iletişim teknolojilerinin her sektör de olduğu gibi harita sektöründe de kullanımı mümkündür. Doğru ve güncel bilgiye kolay ve hızlı erişimin oldukça önemli olduğu haritacılık mesleğinde yeni mobil iletişim teknolojilerinin kullanılması mesleki gelişime büyük katkı sunacaktır.

Bu çalışmada QR kodun harita mühendisliği alanında kullanımı ele alınmıştır. Bu bağlamda harita sektörünün alt uygulama alanlarında kullanılması önerilen çeşitli QR kodlar oluşturulmuş ve bu kodlarını nasıl kullanılacağı örnek senaryolar ile anlatılmıştır. Geline bu noktada QR kod teknolojisinin harita mühendisliğinde kullanımı, veri/bilgi sağlayıcılar ile kullanıcılar arasındaki veri/bilgi akışını hızlandıracaktır. Böylelikle veriye/bilgiye daha kolay erişim sağlanacaktır.

Anahtar kelimeler: Harita mühendisliği, mobil iletişim, QR kod

Abstract

QR (Quick Response) code is a 2D barcode system that can be read by cameras integrated in mobile devices. The most prominent feature of the QR code is that it accelerates the flow of information to users. In this respect, QR code is considered as one of the most effective visual elements of accelerating the transfer of information on digital platforms. The code, developed by the Japanese company Denso in 1994, usually consists of black motifs on a square white background. The image recorded in the barcode can be analyzed and directed to the user, for example, to an internet address, e-mail address, telephone number, contact information, SMS or MMS or geolocation information. Over time, QR codes have been used in many fields such as marketing, industry, advertising, education. Thanks to the technological feature of the QR code, the desired content is delivered directly and quickly to the users.

The geomatic sector has developed more in recent years thanks to increasing technological advances, user-oriented change, and innovations in data production, collection and sharing. Improvement in data quality and up-to-date, users' instant access to time and space independent requests, and the development of technology and network infrastructure in this context have contributed to the further development of the mapping sector compared to other sectors. However, it is possible to use mobile communication technologies in the geomatic sector as in any sector. The use of new mobile communication technologies in the mapping profession, where easy and fast access to accurate and up-to-date information is crucial, will contribute greatly to professional development.

In this study, the use of QR code in the field of geomatic engineering is discussed. In this context, various QR codes proposed to be used in the sub-application areas of the geomatic sector have been created and how to use these codes have been explained with sample scenarios. At this point, the use of QR code technology in geomatic engineering will accelerate the data / information flow between data / information providers and users. This will allow easier access to data / information.

Key words: Geomatic engineering, mobile communications, QR code

1. INTRODUCTION

In this study, the use of QR code in the field of geomatic engineering is discussed. qr code is a special type of matrix barcode (or two-dimensional barcode) that can be read with the cameras of mobile devices (Ramsden, 2008; URLI-1) and works faster than traditional barcode types (Lorenzi et al. 2014). The code, developed by the Japanese company Denso in 1994, consists of black motifs on a square white background. By analyzing the recorded image, the barcode content can direct the user to, for example, the Internet address, e-mail address, telephone number, contact information, SMS or MMS, or geolocation information (Ramsden, A. and Jordan, L., 2009; URL-1). Square code technology, which is based on Near Field Communication (AI) of foundations, is designed to establish contactless and secure communication between electronic devices in close range in a very short time (Örücü, 2013).

With QR code, unlimited information, messages, videos and all kinds of content can be transferred in limited spaces. In a magazine advertisement, descriptive information about products found in a video on the billboard can be encoded with a data matrix. Due to its fast and practical usage, QR code is used in marketing, automotive, advertising, health, social media and so on. widely used in many sectors. In our country, the data matrix technology is used by the Ministry of Health for the follow-up of drugs and by the Student Selection and Placement Center for the follow-up of the exam question booklets. The Ministry of Food, Agriculture and Livestock has started to use this technology in the follow-up of food products with the positive results of the mentioned practices in the public sector.

2. QR CODES

QR codes are capable of using all types of data, such as numeric and alphabetic characters, symbols, binary, and control codes (Lorenzi et al., 2014). Up to 7,089 characters can be encoded in one symbol. QR code data capacity varies based on data type. Numeric data only allows for a max of 7,089 characters, alphanumeric data with a max of 4,296 characters, binary data (8 bits) has a max of 2,953 bytes. Many sites provide free data matrix services on the web. For example, Figure-1 shows the data matrix creation screen of <http://qrkod.org>. In general, the process of creating a blackcode consists of four steps. In the first step, the data matrix type is selected. In the second step, the data matrix settings are optionally selected. In the third step, the content of the data matrix is determined. In the fourth step, the content determined by a specific algorithm is converted to the data matrix form (Figure-1).



Figure 1. QR code creation screen of qrkod.org web site

Matrix code feature has the ability to store information on the horizontal and vertical axis data matrix (Aktaş and Çaycı, 2013). The classical barcode contains data in a single direction, whereas the data matrix contains information in both the horizontal and vertical directions since it is a two-dimensional code. In this way, data matrix stores more data (Susono and Shimomura, 2006; URL-2). QR codes are distinguished from other types of barcodes thanks to their 360° (omnidirectional) readability and high capacity data storage capabilities (Yfantis et al. 2012).

Murkute et al. (2013) describes the process of scanning the qr code as follows (Figure 2): In the first step, the gray level is calculated; in the second step, the three marked corner points are detected by the sensor; In the third step, the fourth corner is estimated with the help of

special algorithms; in the fourth step, inverse conversion is achieved by utilizing existing vertices to normalize the length of the code; in the last step, the code is decoded by scanning.

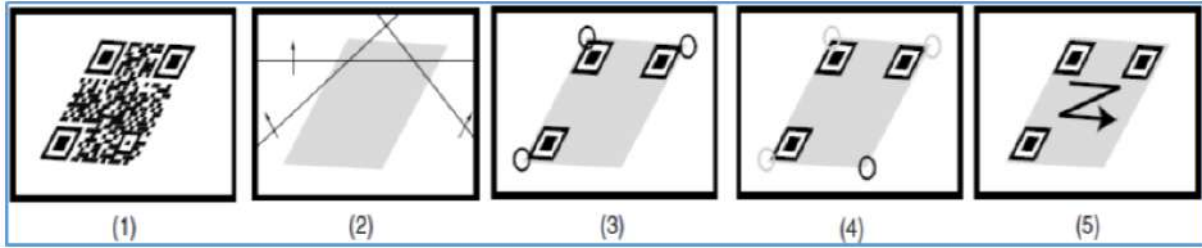


Figure 2: The process of scanning the QR code

In order to use QR code technology, communication tools with internal camera features and QR code reader applications are needed (Aktaş and Çaycı, 2013). The QR code can be decoded quickly by the application installed on the device (Figure 3). Thus, users can see the information encoded in the data matrix on the screens of their devices. With the decoding process, the user can be directed to mobile web pages or send short messages (SMS) or access the encrypted text in the QR code (Law and So, 2010).

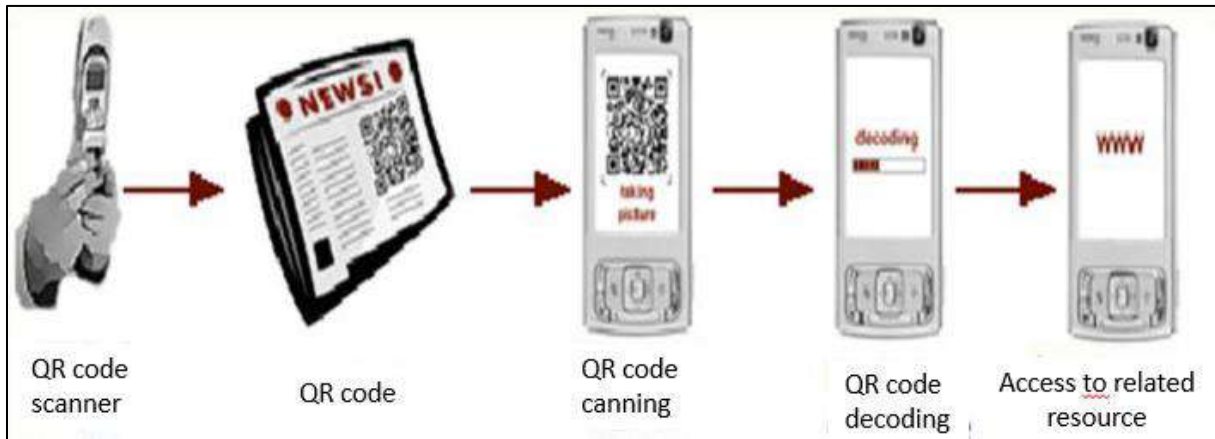


Figure 3: Operation steps of the QR code sensor (URL 7).

3. INTEGRATION OF QR CODE TO GEOMATIC ENGINEERING APPLICATIONS

Using the QR code's URL address generation, text generation, emailing, phone number creation and search, geographic coordinates, and sharing of these applications, it is possible to quickly and cost-effectively access information on practical transactions in the real estate sector. The application areas for possible uses of the QR code in the geomatic engineering are discussed below.

Application area 1: Sharing of address and building information

In this scenario, information related to the building and construction units (eg construction year, contractor, license number, number of floors, number of independent sections and type, island, layout, parcel information) is provided with the data it is recommended to be mounted in an accessible location (Figure 4a.). In this way, when the related QR code is read and decoded, instant access to information about the structure will be provided. In addition to the structure and structure units, the address and address components, which are locators, can also

be represented by QR codes. In order to reach the desired address quickly and accurately, QR code containing information about street (eg no start-end, province, district, district, bus lines crossing the street) can be affixed with the street sign (Figure 4b).

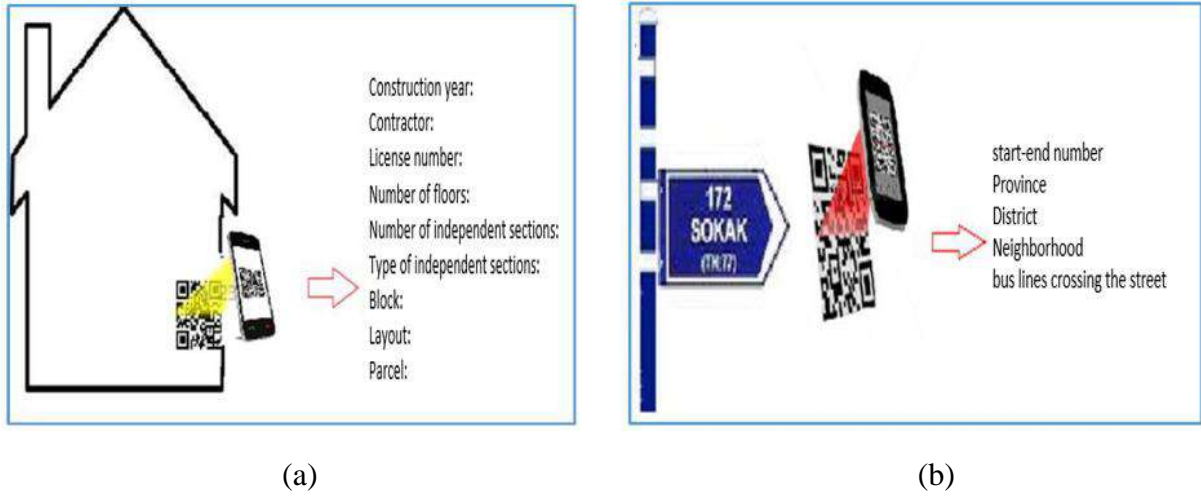


Figure 4: Use of QR code on building and street signs.

Application area 2: Identification of ground control points

Ground control points (eg polygon, triangulation) are reference points used to determine position. Metadata data for ground control points (eg point number, degree, coordinate values, facility date, sensitivity, etc.) can be defined by QR codes. Thus, the person finding the ground control point in the field can easily and quickly access the metadata data related to the point by decoding the QR code mounted on the ground control point (Figure 5).



Figure 5: QR code application for ground control points.

Application area 3: Showing the location of the real estate on the map

Upon request, the cadastre directorates may display the relevant real estate. However, this process is not preferred by the buyer because it takes time and costs. Therefore, in this scenario, it is suggested to include a QR code indicating the location of the real estate in the title deed document. The location of the real estate that is intended to be purchased with the

solution of the added QR code is shown on Google maps or on the map of any service provider (Figure 6). In this way, the buyer has made the position control of the relevant immovable at the marketing stage without going to the title deed and cadastral directorate.



Figure 6: Comparison of the location of the real estate on the map and in the land by using the land registry certificate with the QR code.

Application area 4: Marketing of real estates

In this scenario, it is suggested that the advertisement data (eg price, area, number of rooms, room images, etc.) of the real estate or the web site where the data is located with the QR code (Figure 7). When the customer who reads the advertisement reads and decodes the related QR code, customer can see the information of the real estate or click on the URL address within the QR code to access the detailed information of the real estate (Figure 7).



Figure 7: Use of QR code in real estate market

Application area 5: Combining maps and layouts

In this scenario, it is proposed to provide access to the whole layout with a QR code placed on the slice sheet. The link (URL address) is encoded in the QRcode. The formed QR code is placed in a suitable location for reading the slice sheet. When the user reads and decodes the QR code in the slice sheet, access to the whole sheet will be provided (Figure 8). In this way, access to other requested information of neighboring sheets will be provided.

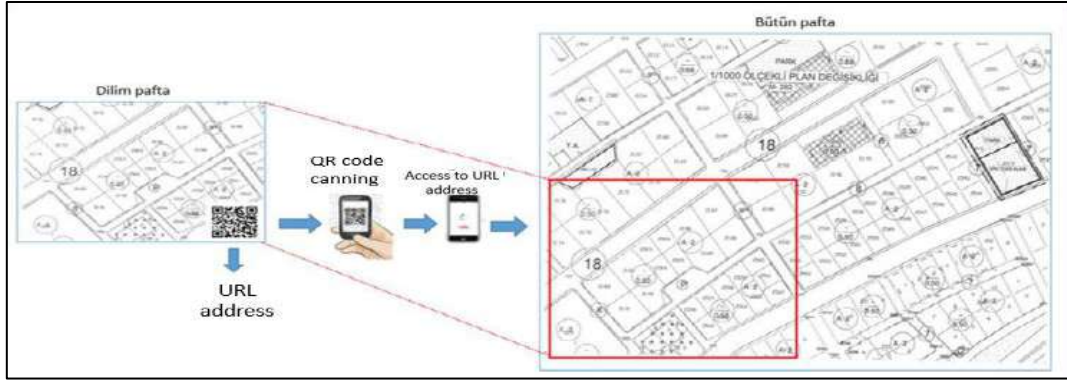


Figure 8: Application of QR code in transition from slice to whole sheet.

For example, during the journey we have a printed map of a transportation network prepared for a city. There may be a situation in which we will need a transportation map of other provinces during the journey. In this case the provincial transportation network map designed to read and decipher the QR code can be Turkey transportation network provides access to a map (Figure 9). Similar applications can be applied to other map types. In addition, the legend information of the generated maps can be encoded into a QR code and then decoded to access the legend information.

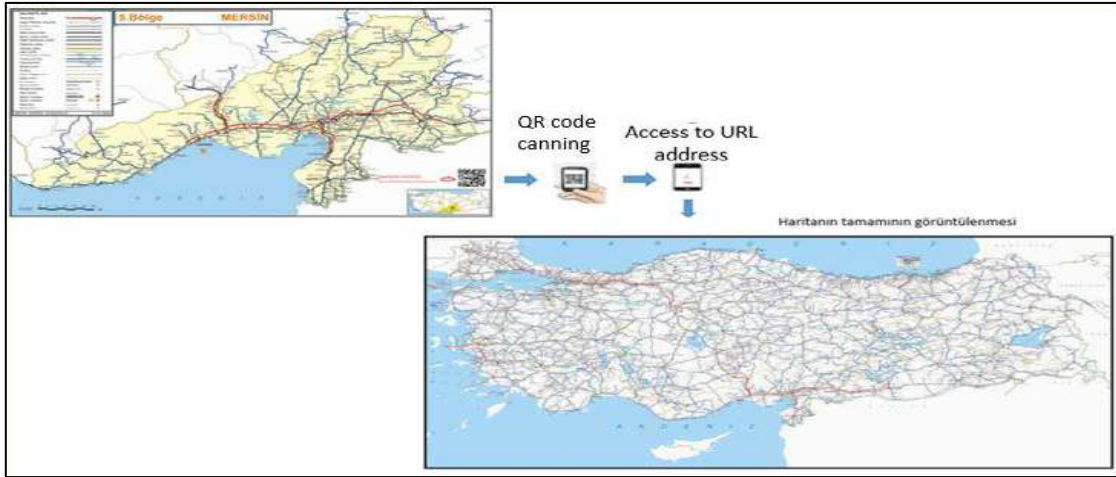


Figure 9: QR code application in the transition from the transportation network map prepared by province to the country transportation map.

4. CONCLUSION

QR code has become increasingly popular due to its practical use, fast operation and low cost. It serves as a bridge at the access point and provides information sharing. By utilizing the features of the QR code, it is possible to design many applications for use in geomatic engineering applications. Thanks to the applications, users in the geomatic engineering can quickly and easily access the relevant information.

REFERENCES

Aktaş, C., Çaycı, B., (2013), Qr Kodun Mobil Eğitimde Yeni Eğitim Yöntemlerinin Geliştirilmesine Katkısı

Aktaş, C., (2012), Medya Yakınsaması: Hızlı Yanıt Veren Kod Aracılığıyla Geleneksel Gazetenin, Çevrimiçi Gazete İle Artan Rekabet Potansiyeli Üzerine Bir Tartışma

Murkute, J., Nagpure, H., Kute, H., Mohadikar, N., Devade, C., (2013), Online Banking Authentication System Using QR-code and Mobile OTP, International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA) ISSN: 2248-9622, Vol. 3, Issue 2, pp.1810-1815

Law, C., Y., So., S., (2010), QR Codes in Education, Journal of Educational Technology Development and Exchange, 3(1), 85-100.

Lorenzi, D., Vaidya, J., Chunb, S., Shafiq, B., Atluri, V., (2014), Enhancing the government service experience through QR codes on mobile platforms, Government Information Quarterly 31 (2014) 6–16

Okazaki, S., Li, H., Hirose, M., (2012), Benchmarking the use of QR code in mobile promotion: Tree studies in Japan

Örücü, A., İ., (2013), Bir Vergi Ödeme Aracı Olarak Karekod Teknolojisi, Maliye Dergisi, Sayı 164, Ocak-Haziran 2013

Ramsden, A. (2008), The use of QR codes in education: A getting started guide for academics. Web: <http://opus.bath.ac.uk/view/divisions/elearning.html>

Ramsden, A., Jordan, L. (2009), Are students ready for QR codes?

Susono, H., Shimomura, T.,(2006), Using mobile phones and QR Codes for formative class assessment. Current Developments in Technology-Assisted Education, 2, 1006–1010.

Yfantis, V., Kalagiakos, P., Kouloumperi, C., Karampelas, P. (2012), Quick response codes in E-learning. In Education and Learning Innovations, pp. 1-5.

URL-1 <https://github.com/zxing/zxing/wiki/Barcode-Contents>, (12.06.2014).

URL-2 http://aylinsknn.blogspot.com.tr/2012/08/qr-kod-cagn-barkodu-olarak-anlan-qr_11.html, (20.07.2014)

URL-3 <http://www.qrcode.com/en/about/>, (21.07.2014).

URL-4 http://tr.wikipedia.org/wiki/QR_Code, (10.08.2014).

URL-5 http://aylinsknn.blogspot.com.tr/2012/08/qr-kod-cagn-barkodu-olarak-anlan-qr_11.html, (15.08.2014).

URL-6 http://aylinsknn.blogspot.com.tr/2012/08/qr-kod-cagn-barkodu-olarak-anlan-qr_11.html, (15.08.2014).

URL-7 <http://tr.wikipedia.org/wiki/Dosya:Taggingprozess.jpg>, (27.07.2014).

URL-8 <http://blog.qrilize.com/>, (01.08.2014).

URL-9 <http://www.statesman.com/news/business/austin-companies-team-up-on-rooftop-qr-codes/nRf7J/>, (02.07.2014)

URL-10 <http://thewebcoach.net/global-billboard-roof-top-qr-codes-readable-from-space/>, (17.08.2014).

İNSANSIZ HAVA ARAÇLARINDA KULLANILAN OTOMATİK KALKIŞ VE İNİŞ SİSTEMİ RADARININ ERGONOMİK ANALİZİ

Mehmet Can KATMER

Gazi Üniversitesi, Endüstriyel Tasarım Mühendisliği

Dr. Öğr. Üyesi Cengiz ELDEM

Gazi Üniversitesi, Endüstriyel Tasarım Mühendisliği

Arş. Gör. Neslihan TOP

Gazi Üniversitesi, Endüstriyel Tasarım Mühendisliği

ÖZET

Savunma sanayi sektöründe geliştirilen teknolojik tasarımlar ne kadar ileri düzeyde olsa da insan kaynaklı alanlarda yapılan hatalar, geliştirilen sistemlerdeki performansın düşüşüne sebep olmaktadır. Bu durum, askeri alanda insandan bağımsız çalışan; hava, kara ve deniz aracı gibi sistemlerin geliştirilmesine yönelik yapılan uygulamaların artışıyla sonuçlanmaktadır. Bu çalışmada, İnsansız Hava Araçları'nın (İHA) iniş ve kalkışında kullanılan Otomatik Kalkış ve İniş Sistemi (OKİS) radarının insan faktörü mühendisliği bakış açısıyla ergonomik uygunluğu incelenmiştir. CATIA V5 R21 programının ergonomik analiz modülündeki RULA (Rapid Upper Limb Assessment) ve NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) yöntemleri kullanılarak OKİS tasarımının taşıma, kaldırma-indirme gibi farklı pozisyon ve açılardaki duruş analizleri yapılmış ve insan-ürün-çalışma alanı etkileşimleri simüle edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre tasarımın mühendislik ergonomisi bakımından iyileştirmelere ihtiyacı olup olmadığı değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ergonomi, CATIA, NIOSH, RULA

ABSTRACT

Although the technological designs developed in the defense industry sector are advanced, the mistakes made in the human source areas cause a decrease in the performance of the developed systems. This situation is independent of people working in the military field; This results in an increase in applications for the development of systems such as air, land and sea vehicles. In this study, the ergonomic suitability of the Automatic Take-off and Landing System (OKIS) radar used in the landing and take-off of UAVs from a human factor engineering perspective was investigated. Posterior analysis of OXI design was carried out in different positions and angles such as transport, lifting and lowering by using RULA (Rapid Upper Limb Assessment) and NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) in the ergonomic analysis module of CATIA V5 R21 program and human-product-work area interactions simulated. According to the results, it was evaluated whether the design needs improvements in terms of engineering ergonomics.

Keywords: Ergonomics, CATIA, NIOSH, RULA

GİRİŞ

20. yüzyılın başlarında başlayan insanlığın havacılık serüveni hızlı bir biçimde gelişme göstermiştir. Özellikle birinci ve ikinci dünya savaşlarının rekabeti zorlayan atmosferinde devletler, az zayıf vererek hızlı bir biçimde amaçlarına ulaşmak için askeri havacılığa büyük yatırımlar yapmışlardır. Bu durum aynı zamanda sivil havacılığı da etkilemiş ve çoğu teknolojik yenilik havacılık sektöründen çıkar olmuştur.

Teknolojik gelişmeler, insan-makine arayüzlerinde makineye kaynaklı hataları en aza indirmeyi başarmış olsa da aynı performansı insan kaynaklı hatalar için gösterememiştir [1]. Ülkemizde son yıllarda savunma alanında stratejik hedefler doğrultusunda yürütülen tüm projelerde geliştirilecek her türlü askeri ekipman ve tesislerde insan faktörleri mühendisliği gereksinimleri tanımlanmaktadır.

MIL-STD-1472, tasarım ve geliştirme için genel insan mühendisliği kriterlerini oluşturmaktadır. MIL-STD-1472, operatör ve kontrol/bakım personelinden gerekli performansı elde etmek, personel gereksinimlerini, beceri ve eğitim süresini en aza indirmek, personel ekipman seçimlerinin gerekli güvenilirliğini sağlamak ve sistemler içinde ve sistemler arasında standart tasarımı teşvik etmek amacıyla tasarım kriterleri ve ilkelerini tanımlamaktadır [2].

Askeri ve sivil operasyonların insandan bağımsız bir yapıya kavuştuğu içinde bulunduğumuz yüzyılda, gerek kara gerekse hava ve deniz operasyonlarında insansız araçlara duyulan ihtiyaç artmış ve bu artış alandaki ilerlemeyi de beraberinde getirmiştir. Çok çeşitli operasyonlarda kullanılabilen insansız hava araçlarının sivil havacılıkta tarım, habercilik, film çekiminden askeri alandaki gözlem keşif ve imha gibi misyonlara kadar geniş bir kullanım alanı vardır.

OKİS Radarı, İHA iniş ve kalkışında kullanılan üç boyutlu tek darbe transponder takip radarıdır. İHA'lar üzerinde yer alan transponder ve antenini içeren OKİS Hava Birimi ile pistte konuşlu tek darbe sorgulama radarından oluşan OKİS Yer Birimi olmak üzere iki ana birimden oluşmaktadır. OKİS Hava Birimi küçük boyut ve ağırlığı ile hemen her segmentte İHA'larda faydalı yük kapasitesine önemli bir etkisi olmadan kullanılabilir [3]. OKİS radarı ve İHA araçlarının taşıdığı teknoloji ve bu alana yönelik artan ihtiyaç sebebiyle havacılık sektörünün olmazsa olmazı olan idame edilebilirlik alanında da ciddi ilerlemeler sağlanmıştır. Daha üstün yazılımlar, detaya inen analiz biçimleri bu alandaki hata oranının sıfıra yaklaşmasında doğrudan etkili olmuşlardır. Bu yazılımlardan biri olan CATIA programının Ergonomik Analiz modülü, kullanıcı dostu arayüzü ve sunduğu derinlemesine sonuçlar veren çözüm yaklaşımıyla öne çıkmaktadır.

Bu çalışmada bahsedilen Ergonomik Analiz modülünün alt modülleri kullanılarak deneysel olarak tasarımı yapılan bir OKİS Radarı ergonomik açıdan incelenmiş, alınan sonuçlara göre yorumlarda bulunulmuştur. CATIA V5 R21 programının RULA ve NIOSH araçları ile OKİS tasarımının taşıma, kaldırma-indirme gibi farklı pozisyon ve açılardaki duruş analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre tasarımın üzerinde iyileştirmelere olan ihtiyaç değerlendirilmiştir.

ERGONOMİK ANALİZ

Günümüzde bilgisayar destekli tasarım (CAD) ile bilgisayar ortamında insan modelleme ve antropometrik verileri kullanma olanağı gelişmiş ve bunlarla birlikte ergonomik olarak yeni tasarımlar yapılmaktadır [4]. Bazı CAD sistemleri, insan hareketlerini simülasyonunu yaparak hareketlerin analizini yapmaktadır. Üretim öncesi gerçekleştirilen ergonomik analiz yöntemleri, karşılaşılabilecek olumsuz sonuçların önceden tespitini mümkün kılmaktadır [5-9]. Bunlardan bazıları: insan ölçüm düzenleyicisi, insan duruş analizi ve insan hareket analizidir [10].

İnsan ölçüm düzenleyicisi özelliğinde istediğimiz herhangi bir insan için vücut ölçüleri ayarlanarak modellenilebilmektedir. İnsan duruş analizi ise hazırlanan insan modeli için hareket açısal sınırlarını belirleyerek mevcut duruş için analiz yapmaktadır. İnsan hareket

analizi ise insan ile ürün arasındaki etkileşimi sağlamaktadır. İndirme, kaldırma, itme gibi hareketler bu yöntem ile gerçekleştirilmektedir [10].

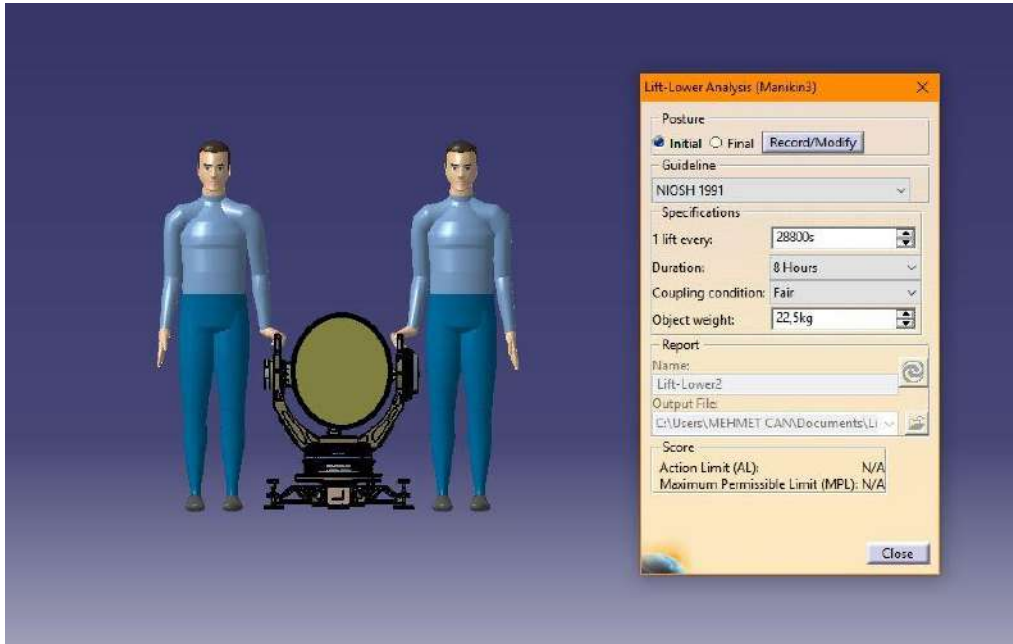
Snook ve Cirello tablosundan yük kaldırma ile ilgili bilgiler, NIOSH kaldırma eşitliğinden ise itme, çekme, indirme ve kaldırma ile ilgili bilgiler elde edilmektedir. Gözleme dayalı değerlendirme için ise RULA analizi kullanılmaktadır. Snook tablosu elle yapılan yük kaldırma işlemleri için güvenilir limitlerin belirlenmesinde, NIOSH kaldırma eşitliği yükün kaldırılması ve indirilmesi sırasında belde oluşabilecek zorlanmaların belirlenmesinde kullanılmaktadır. RULA yöntemi ise çalışanların çalışma duruşlarını ve hareketlerden kaynaklanan kas iskelet sistemlerinde oluşabilecek yüklerin değerlendirmede kullanılmaktadır [11].

CATIA programının ergonomi bölümünde bulunan “Ergonomics Design and Analysis” modülü ile çalışanların duruş pozisyonları, hareketlerinin belirlenmesi ve çalışma esnasında oluşabilecek sorunlu bölgelerin saptanmasında kullanılmaktadır. Hareketlerin analizi için RULA ve Biomechanics Single Action modüllerinden yararlanılmaktadır [12].

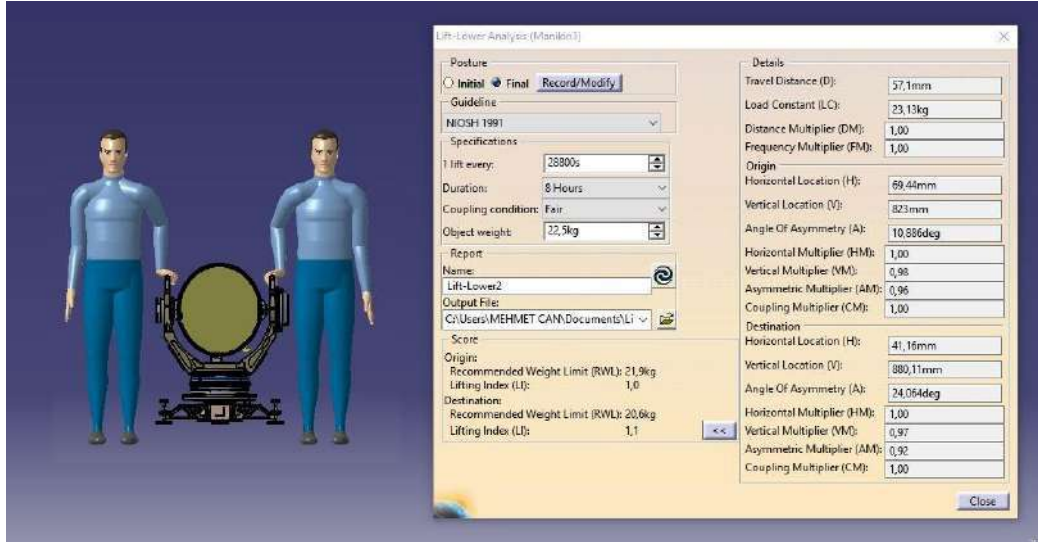
MATERYAL METOT

Bu çalışma kapsamında ergonomik analizi gerçekleştirilecek olan OKİS radarın ağırlığı yaklaşık olarak 45kg olarak belirlenmiştir. Göz önüne alınan senaryo ise OKİS radarının haftada bir araziye götürüleceği ve 8 metrelik bir mesafede taşınarak 1-8 saat arasında değişen uçuş testlerinde kullanılacağı şeklindedir. Radar, testin yapılacağı alana iki kişi tarafından götürülerek test bitiminde yerden tekrar kaldırılmaktadır. Bu senaryo ışığında, NIOSH ve RULA olmak üzere iki farklı analiz işlemi gerçekleştirilmiştir.

İlk olarak indirme - Kaldırma işlemine yönelik yapılan bu analizde bir başlangıç bir de bitiş pozisyonu belirlenip duruşların NIOSH ve Snook Corelli yöntemlerine göre analiz sonuçları alınmıştır. Kaldırma işlemi öncesi ve sonrası NIOSH analiz sonuçları sırası ile Şekil 1 ve 2’de verilmiştir.



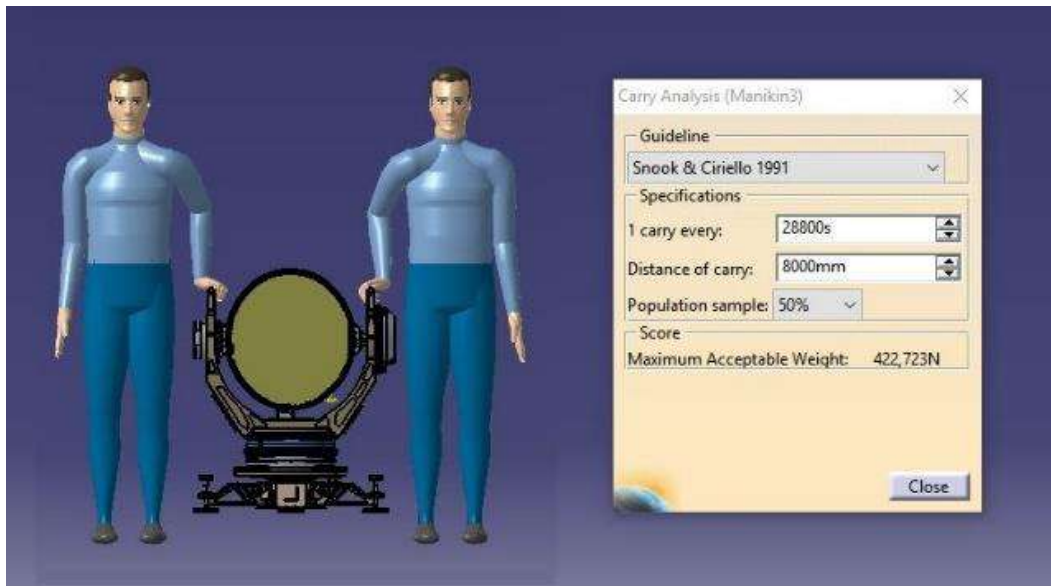
Şekil 1. Birinci postür kaldırma-indirme analizi ilk pozisyon



Şekil 2. Birinci postür kaldırma indirme analizi son pozisyon

NIOSH yöntemine göre yapılan bu analizde tek bir modele olası bir tutuş pozisyonu ile sekiz saatlik süreç boyunca iki kere işlemin gerçekleştirileceği kabul edilmiştir. Neticede iki postür göz önüne alındığında tavsiye edilen taşıma ağırlığı 20.6 kg kaldırma indeksi ise 1.1 kg olarak belirlenmiştir. Detaylar kısmından bu analizden alına diğer sonuçlar görülmektedir. Alınan sonuçlar, taşıma sırasında her bir kişiye toplam ağırlığın yarısı düşeceği kabul edilerek değerlendirilse; tavsiye edilen taşıma ağırlığı, radarın bir kişiye düşen ağırlığından yaklaşık 2 kg kadar düşük kaldığı için uzun vadede olumsuz sonuçlar doğurabilme ihtimali olduğu görülmektedir.

İkinci analiz olarak kaldırma pozisyonunda iki defa olmak üzere 8 metre taşıma senaryosu üzerinden taşıma analizi yapılmıştır. Alınan sonuçlara göre bir kişinin maksimum taşıma kapasitesi 422.723N olarak belirlenmiştir. Bu değer 43 kg'a tekabül etmektedir. Radarın ağırlığının yaklaşık 45 kg olduğu göz önüne alındığında taşımada bir sorun olmadığı açıkça görülmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Birinci postür taşıma analizi sonuçları

Üçüncü analiz olarak yine kaldırma pozisyonunda RULA analiz yapılmış ve sonuçlar üç farklı şekilde statik, tekrarlanan ve aralıklı olarak değerlendirilmiştir (Şekil 4-6).



Şekil 4. Birinci postür RULA analizi statik sonuçları



Şekil 5. Birinci postür RULA analizi tekrarlanan versiyon sonuçları.



Şekil 6. Birinci postür RULA analizi aralıklı versiyon sonuçları

Statik ve tekrarlanan eylem senaryosu için RULA analizi final puan değeri 6 ve turuncu renk ile belirtilmiştir. Aralıklı eylem senaryosu için RULA analizi final puanı 3 ve sarı renk ile temsil edilmiştir. RULA analizinde risk değeri, puan değerlerinde 1'den 7'ye doğru gidildikçe artmakta iken, renk göstergelerinde yeşilden sarı, turuncu ve kırmızıya doğru gidildikçe artmaktadır. Dolayısıyla statik ve tekrarlanan eylem senaryoları için final puanı 6 ve turuncu renk ile yüksek risk değerini temsil etmektedir. Acilen iyileştirmeler yapılması gereklidir. Aralıklı eylem senaryosu için ise final skoru 3 ve sarı renk ile düşük bir risk değerini temsil etmektedir. İlerleyen zamanlarda daha fazla araştırma ve incelemenin gerekli olabileceğini belirtmektedir.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

CATIA programının ergonomi bölümünde bulunan "Ergonomics Design and Analysis" modülü kullanılarak belirlenen postür pozisyonlarına göre yapılan analizler sonucunda, OKİS radarının birkaç noktada tasarım güncellemesine ihtiyaç duyduğu tespit edilmiştir. Tutamaçların pozisyonlandırılması aşamasında tutamaçların yere olan yüksekliği daha düşük tutulmalıdır. Böylece OKİS radarını kaldırma sürecinde, kullanıcılar eğilerek ağırlığı bacaklarına bindirebilecek ve kaldırma pozisyonundayken kollarını daha dik açıyla kullanabilecektir. Kullanıcıların kollarına binen yük hafifletilmiş olacaktır. Aynı zamanda tutamaçların pozisyonlandırılmasında, tutamaçlar OKİS radarının ne kadar dışında kalırsa kişinin radara temas uzaklığı o kadar artacaktır. Böylece, hem OKİS radarını taşırken kullanıcıların kollarını minimum derecede açmasına olanak tanıyacak hem de kullanıcıların bacaklarının radarın herhangi bir noktasına çarpmasına engel olacaktır.

KAYNAKÇA

- [1] Erkan, Cengiz (2017). "İnsan Faktörleri Mühendisliği Bakış Açısı ile Askeri Mesaj İşletim Sistemleri". Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi 2017, 3(3): 41-46.
- [2] Dr. Ahmet Bağış, Ergonomi Ders Notları
- [3] İnternet: Otomatik Kalkış ve İniş Sistemi (OKİS) <http://www.meteksan.com/algilayici-sistemler/otomatik-kalkis-ve-inis-sistemi-okis> (Erişim Tarihi 20.01.2018)
- [4] Lau, N. and Ma, H., (2007) "Reconstructing motion data for evaluation in design process", International Association of Societies of Design Research, The Hong Kong Poly Technic University.
- [5] Sencer, M., Eldem, C., Top, N., & Şahin, İ. "RULA Yöntemi Kullanarak Şehir İçi Otobüslerdeki Havalandırma Pencerelerinin Ergonomik Analizi," *International Symposium On Automotive Science And Technology (ISASTECH)*, Ankara, Türkiye, 2019.
- [6] Şahin, İ., Eldem, C., Kalyon, S. A., Gökçe, H. "Digital Human Modelling and Ergonomic Analysis: Automatic Arm Barrier as an Example," *International Congress on New Trends in Science, Engineering and Technology (ICONTRENDS'17)*, Barcelona, Spain, pp. 176-187, 2017.
- [7] Top, N., Şahin, İ. "A Study On Modular Operational Working System Design In The Office Furniture Sector," *The XXIXth International Conference Research for Furniture Industry*, Ankara, Turkey, 2019.
- [8] Eldem, C., A., Şahin, İ., Demir, M., T., Top, N., Şahin, T. "Araç Bakım Kanallarının Dijital İnsan Modelleri İle Ergonomik Analizi ve Yeniden Tasarımı," *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, vol. 7, no. 2, pp. 386-392, 2019.
- [9] Eldem, C., Top, N., Şahin, H. "Dijital İnsan Modelleri Kullanarak Otomobil Sürücüsü Duruş Pozisyonlarının Ergonomik Değerlendirilmesi Üzerine Bir Çalışma," *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, vol. 5, no.1, pp. 22-31, 2019.

- [10] Lee, Kunwoo., "Cad system for human-centered design", Computer-Aided Design & Applications, (3), No. 5, (615-628), (2006).
- [11] Gündüz Cengiz, T., "Otomobil Tasarımında Termal Konfor" , Timak-Tasarım İmalat Analiz Kongresi, Balıkesir, (2006).
- [12] Hasdemir, Ayşe Güldal. "Bilgisayar destekli ergonomi ve bir uygulama çalışması." (2013).

OTOMOBİL SALINCAK KOLUNUN TRIZ YAKLAŞIMI İLE OPTİMİZASYONU ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Arş. Gör. Neslihan TOP

Gazi Üniversitesi, Endüstriyel Tasarım Mühendisliği

Doç. Dr. İsmail ŞAHİN

Gazi Üniversitesi, Endüstriyel Tasarım Mühendisliği

ÖZET

Mühendislik bilimleri üzerine yapılan tüm çalışmalarda milyonlarca sorunla karşılaşmaktadır. Bu problemlerin çözüm sürecinin tahmin edilenden uzun sürmesi çalışmaların devamlılığını aksatabilmektedir. Problemler genel olarak birbirinden farklılık gösterse de ortak çözüm prensipleriyle çözülebilmektedir. 1940 yılında patent uzmanı Genrich Altshuller tarafından geliştirilen bir yöntem ile mühendislik problemlerinin standart çözümler ile aydınlığa kavuşabileceği belirtilmiştir. Bu yöntem, Rusça'da yaratıcı problem çözme teorisi anlamına gelen "Teorya Resheniya Izobreatatelskik Zadatch" ifadesinin baş harfleri (TRIZ) ile isimlendirilmiştir. TRIZ yaklaşımının doğuş sürecinde, binlerce patent incelenmiş ve mühendislik problemlerinde var olan çelişkilere standart çözümler geliştirilerek çözüm süreci kısaltılmıştır. Bu çalışmada, otomobillerde kullanılan salıncak kolu modelinin optimizasyon süreci TRIZ yöntemi ile ele alınmıştır. Salıncak kolunun ağırlığı, dayanımı değişmeksizin azaltılmak istenmektedir. Bu çelişkinin çözümü TRIZ yaklaşımının getirdiği standart buluş prensipleri ile değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Salıncak kolu, TRIZ, optimizasyon

ABSTRACT

Millions of problems are encountered in all studies on engineering sciences. The solution process of these problems may take longer than expected, which may hamper the continuity of the studies. Although problems differ from each other in general, they can be solved by common solution principles. A method developed by patent expert Genrich Altshuller in 1940 states that engineering problems can be elucidated with standard solutions. This method is named with the initials (TRIZ) of 'Theorya Resheniya Izobreatatelskik Zadatch gelen which means creative problem solving theory in Russian. In the process of TRIZ approach, thousands of patents were examined and the solution process was shortened by developing standard solutions to the existing contradictions in engineering problems. In this study, the optimization process of the swing arm model used in automobiles is discussed by TRIZ method. It is desirable to reduce the weight of the swing arm without changing its strength. The solution of this contradiction has been evaluated with the standard invention principles of TRIZ approach.

Keywords: Swingarm, TRIZ, optimization

GİRİŞ

Teknoloji odaklı bir ürün geliştirme sürecinde, mühendis ve tasarımcılar için en heyecan verici aşama tasarım konseptlerinin geliştirilmesidir. Umut verici bir fikrin bulunmasından sonra ürün detaylarının çözüm süreci ile devam edilmektedir. Bu aşamada, sayısal veri ve analizlerden yararlanılarak çeşitli ölçüm ve testler yapılmaktadır. Mühendis ve tasarımcılar ürün geliştirmenin belirli aşamalarında karşılaşılan sorunları çözmeye çeşitli strateji ve yaklaşımlardan yararlanmaktadır [1]. Rusça'da yaratıcı problem çözme teorisi anlamına gelen "Teorya Resheniya Izobreatatelskik Zadatch" ifadesinin baş harflerinden oluşan TRIZ yaklaşımı da bu amaçla kullanılan yöntemlerden biridir.

TRIZ yaklaşımı, 1940 yılında patent uzmanı Genrikh Saulovich Altshuller (1926 Taşkent - 1998 Petrozavodsk) tarafından geliştirilen bir mühendislik yaklaşımıdır. Altshuller, var olan binlerce patenti inceleyerek farklı problemler için tekrarlanan benzer çözümleri tespit etmiştir. Mühendislik problemlerinde kullanılabilecek standart çözüm prensiplerinin olduğu ve bu çözümlerin kullanılması ile ürün geliştirme süreçlerinin kısaltacağı bildirilmiştir. TRIZ yaklaşımının ana prensibi, belirlenen bir özel problemin çözümünde genel çözümlerin kullanılmasıdır [2].

Altshuller, geliştirilen bir mühendislik tasarımı metodolojisinde var olması gereken özellikleri şu şekilde belirtmiştir [3, 4]:

- Psikolojik etmenlere bağlı olmaması
- İdeal çözüme ulaşmada geniş bir çözüm uzayına sahip olması
- Sistemik olması ve tekrar tekrar kullanılabilmesi
- Yaratıcı çözüme ulaşmaya imkân vermesi

TRIZ yaklaşımı ile problemlerin çözümünde Altshuller tarafından geliştirilen bir çelişkiler matrisi kullanılmaktadır. Bu matriste mühendislik parametreleri listelenmiştir. İyileştirilmek istenen özellik ve bu esnada kötüleşen özellik, matris üzerinde çaprazlanarak hangi standart mühendislik çözümlerinin bu problemde kullanılabileceği bilgisine ulaşılmaktadır [5-8]. Daha sonra bu çözümler yorumlanarak ideal veya ideale en yakın çözüm prensibini elde etmek mümkündür [9].

Havacılık ve otomotiv sektöründe hafif parçaların kullanımı oldukça önemlidir [10, 11]. Bu çalışmada, otomobillerde kullanılan salıncak kolu modelinin (Şekil 1) optimizasyonu TRIZ yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Salıncak kolu modelinin ağırlığı azaltılmak istenmektedir ancak bu sırada dayanım da azalmaktadır. Salıncak kolunun dayanımı değişmeksizin ağırlığını azaltılması problemi ya da başka bir deyişle salıncak kolu modelinin optimize

edilmesi TRIZ yaklaşımında kullanılan standart mühendislik çözümleri ile değerlendirilerek ideal olan tasarım seçeneği ele alınmıştır.



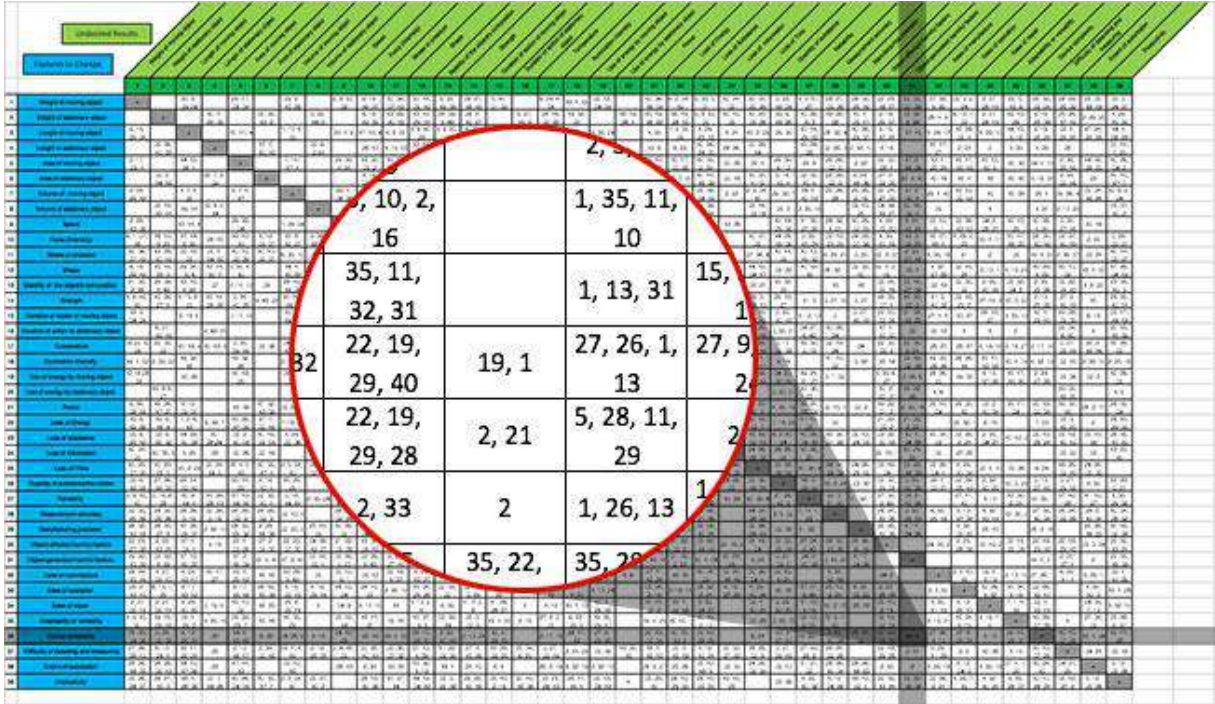
Şekil 1. Otomobil salıncak kolu

MATERYAL VE METOT

TRIZ yaklaşımı ile çözüm geliştirme sürecinde problemin içerisinde var olan çelişkilerden yararlanılmaktadır. Mühendislik problemlerinde standart olarak belirlenen 39 çelişki (Tablo 1), 39x39 matrisi veya çelişkiler matrisi adı verilen bir matrisin satır ve sütunlarına yerleştirilmiştir. Bu matriste, problemde iyileştirmek geliştirilmek istenen parametre sütundan seçilirken, bu sırada kötüleşen parametre satırdaki parametrelerden seçilmektedir. Bu satır ve sütundaki parametrelerin çaprazlanması ile Altshuller tarafından belirlenen 40 yaratıcı çözüm prensiplerinden hangilerinin kullanılabileceği elde edilmektedir (Şekil 2).

Tablo 1. Çelişkiler matrisinde bulunan parametreler [12]

1	Hareketli nesnenin ağırlığı	14	Dayanıklılık, güç	27	Güvenilirlik
2	Sabit nesnenin ağırlığı	15	Hareketli nesnenin dayanıklılığı	28	Ölçülerin doğruluğu
3	Hareketli nesnenin uzunluğu	16	Sabit nesnenin dayanıklılığı	29	Üretimin doğruluğu
4	Sabit nesnenin uzunluğu	17	Sıcaklık	30	Nesneye etki eden zararlı faktörler
5	Hareketli nesnenin alanı	18	Parlaklık	31	Zararlı yan etkiler
6	Sabit nesnenin alanı	19	Hareketli nesnenin harcadığı enerji	32	Üretilebilirlik
7	Hareketli nesnenin hacmi	20	Sabit nesnenin harcadığı enerji	33	Kullanım kolaylığı
8	Sabit nesnenin hacmi	21	Güç	34	Tamir edilebilirlik
9	Hız	22	Enerji kaybı	35	Uyumluluk
10	Kuvvet	23	Madde kaybı	36	Sistemin karmaşıklığı
11	Gerilim ve basınç	24	Bilgi kaybı	37	Karmaşık kontrol
12	Şekil	25	Zaman kaybı	38	Otomasyon seviyesi
13	Nesnenin dengesi	26	Madde miktarı	39	Verimlilik



Şekil 2. Çelişkiler matrisi [13]

Altshuller tarafından belirlenen, mühendislik problemlerinin çözümünde kullanılabilen 40 yaratıcı çözüm prensibi ise Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Standart olarak belirlenen 40 yaratıcı çözüm prensibi [14]

No	Yaratıcı Prensipler	No	Yaratıcı Prensipler
01	Bölümlenme	21	Hızlı Hareket
02	Ayrırma	22	Zararı Faydaya Çevirme
03	Kısmi Kalite	23	Geribesleme
04	Asimetri	24	Aracılık
05	Kombinasyon	25	Self – Servis
06	Evrensellik	26	Kopyalama
07	Yuvalama	27	Ucuz ve Kısa Ömürlü Cisimler Kullanma
08	Karşı Ağırlık	28	Mekanik Sistemin Yerine Koyma
09	Öncü Karşıt Eylem	29	Pnömatik ve Hidrolik Yapılar Kullanma
10	Öncü Eylem	30	İnce Film ya da Zar
11	Öncü Önlem	31	Gözenekli Malzeme
12	Eşit Potansiyel	32	Renk Değiştirme
13	Ters Eylem	33	Homojenlik
14	Yuvarlama	34	Atılan ya da Değiştirilen Parçalar
15	Dinamiklik	35	Fiziksel ya da Kimyasal Durum Değişikliği
16	Kısmi Fazlalık	36	Faz dönüşümü
17	Yeniden Boyutlama	37	Isıl Genleşme
18	Mekanik Titreşim	38	Güçlü Okside Ediciler Kullanma
19	Periyodik Eylem	39	Durağan Çevre
20	Yararlı Bir Eylemin Sürekliliği	40	Kompozit Malzeme

TRIZ YAKLAŞIMININ PROBLEME UYGULANMASI

Bu çalışmada otomobillerde kullanılan salıncak kolunun ağırlığı azaltılmak istenmiştir ancak bu sırada salıncağın dayanımının azalmaması beklenmektedir. Bu çelişkinin çözümü için TRIZ yaklaşımında belirlenen 39 parametreden iyileştirmek istenen özellik olarak 1 numaralı “hareketli nesnenin ağırlığı” parametresi seçilmiştir. Bu sırada kötüleşen özellik olarak ise 15 numaralı “hareketli nesnenin dayanıklılığı” parametresi seçilmiştir. Bu parametrelerin çelişkiler matrisinde çaprazlanması sonucu 40 yaratıcı çözüm prensibi arasından 5, 31, 34 ve 35 numaralı çözüm prensipleri elde edilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Belirlenen çelişkinin matriste çaprazlanması

Kötüleşen özellikler →		İyileşen özellikler ↓														
		Hareketli nesnenin ağırlığı	Sabit nesnenin ağırlığı	Hareketli nesnenin uzunluğu	Sabit nesnenin uzunluğu	Hareketli nesnenin alanı	Sabit nesnenin alanı	Hareketli nesnenin hacmi	Sabit nesnenin hacmi	Hız	Kuvvet	Gerilim ve basınç	Şekil	Nesnenin dengesi	Dayanıklılık, güç	Hareketli nesnenin dayanıklılığı
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Hareketli nesnenin ağırlığı		-	15 8 29 34	-	29 17 38 34	-	29 2 40 28	-	2 8 15 38	8 10 18 37 40	10 36 37 40	10 14 35 40	1 35 19 39	28 27 18 40	5 34 31 35
2	Sabit nesnenin ağırlığı	-		-	10 1 29 35	-	35 30 13 2	-	5 35 14 2	-	8 10 19 35	13 29 10 18	13 10 29 14	26 39 1 40	28 2 10 27	-
3	Hareketli nesnenin uzunluğu	8 15 29 34	-		-	15 17 4	-	7 17 4 35	-	13 4 8	17 10 4	1 8 35	1 8 10 29	1 8 15 34	8 35 29 34	19

Belirlenen çözüm prensiplerinden 5 numaralı prensip “kombinasyon”, 31 numaralı prensip “gözenekli malzeme”, 34 numaralı prensip “atılan ya da değiştirilen parçalar” ve 35 numaralı prensip “fiziksel ya da kimyasal durum değişikliği” olarak tanımlanmıştır.

5 numaralı kombinasyon prensibi, paralel olarak işlerin yürütülebilmesi için benzer parçaların birleştirilmesi veya operasyonları paralel şekilde bir araya getirmek anlamına gelmektedir. 31 numaralı gözenekli malzeme prensibi, cisimlere gözenekli elemanlar eklenmesi veya gözenekli cisimler kullanmak anlamına gelmektedir. 34 numaralı atılan ya da değiştirilen parçalar prensibi, bir cismin işlevinin tamamlayan kısımlarının cisimden uzaklaştırılması anlamına gelmektedir. 35 numaralı fiziksel ya da kimyasal durum değişikliği prensibi ise cismin esnekliğini, yoğunluğunu veya fiziksel durumunu (katı, sıvı, gaz vb.) değiştirme anlamına gelmektedir.

5 numaralı kombinasyon prensibinden yola çıkarak otomobil salıncak kolu orta kısmından parçalanarak paralel hareket eden ikili bir sistemden meydana getirilmiştir. Böylece daha az malzeme ve ağırlık ile çalışan bir model elde edilmiştir (Şekil 3a). 31 numaralı gözenekli malzeme ve 34 numaralı atılan ya da değiştirilen parçalar prensipleri birleştirilerek otomobil salıncak kolu modelinden kullanılmayan alandaki malzemelerden çıkarma yapılması uygun görülmüştür. Elde edilen gözenekli yapının ağırlığı azaltılmış ve işlev ve dayanım bakımından değişmemesi sağlanmıştır (Şekil 3b). 35 numaralı fiziksel ya da kimyasal durum değişikliği prensibi ile ise salıncak kolunun esnek bir malzemeden üretilmesi düşünülmüştür.



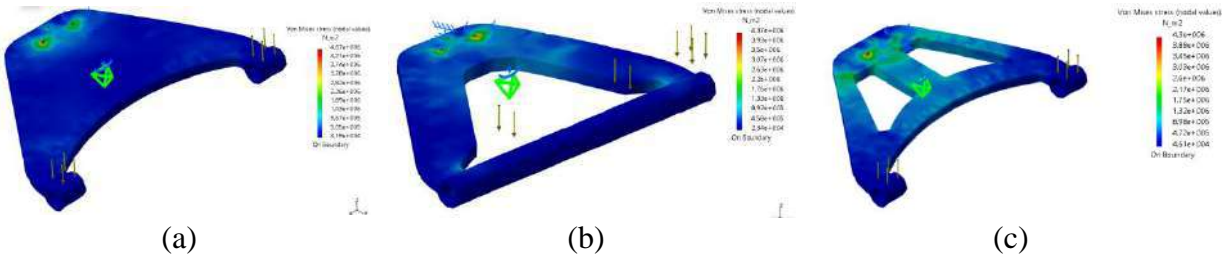
(a) Model 1



(b) Model 2

Şekil 3. a) 5 numaralı prensip sonucu elde edilen salıncak modeli, b) 31 ve 34 numaralı prensipler sonucu elde edilen salıncak modeli

Çelişkiler matrisindeki standart çözüm prensiplerinin yorumlanması ile elde edilen farklı alt salıncak modelleri ağırlık ve dayanım açısından birbirleri ile karşılaştırılmıştır. TRIZ ile optimizasyonu öncesi var olan otomobil alt salıncak kolunun modeli ve standart çözüm prensipleri sonucu elde edilen modeller CATIA V5 R21 programında analiz edilerek dayanımları açısından karşılaştırılmıştır. Bu modellerin von Mises gerilim dağılımları Şekil 4’te verilmiştir.



Şekil 4. von Mises gerilim dağılımları: (a) Mevcut salıncak modeli, (b) 5 numaralı prensip sonucu elde edilen Model 1, (c) 31 ve 34 numaralı prensipler sonucu elde edilen Model 2

Tablo 4. Modellerin ağırlık karşılaştırması

	Mevcut salıncak modeli	Model 1	Model 2
Ağırlık	12,5 kg	10,6 kg	9,4 kg
Von Misses (max)	4.67 MPa	4.37 MPa	4.30 MPa

Mevcut salıncak modeli ve TRIZ yöntemi sonucu elde edilen modellerin basınca karşı dayanım değerleri ve ağırlıkları Tablo 4'te verilmiştir. Şekil 4 ve Tablo 4'te elde edilen sonuçlara göre Model 2 seçeneğinin Model 1'e göre ağırlığının daha az olduğu ve dayanımının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla ideale en yakın tasarım seçeneği Model 2'dir.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

TRIZ metodolojisi, standart mühendislik çözüm prensipleri geliştirilerek problemlerin çözüm sürecini kısaltma ve yaratıcı düşünme yetisini artırma amacıyla kullanılmaktadır. Çelişki yaratan bir problem belirlenerek çelişkiler matrisi üzerinde çaprazlanmaktadır. Bu matristen elde edilen sonuca göre standart buluş prensiplerinden hangilerinin kullanılacağı belirlenebilmektedir. Bu çalışma kapsamında, dayanımı azalmaksızın ağırlığı azaltılmak istenen araç salıncak kolu modeli TRIZ yöntemi kullanılarak optimize edilmiştir. TRIZ yöntemi ile elde edilen 5 numaralı kombinasyon, 31 numaralı gözenekli malzeme ve 34 numaralı atılan ya da değiştirilen parçalar prensipleri ile elde edilen farklı modeller, ağırlık ve dayanım açısından karşılaştırılarak ideale en yakın seçenek belirlenmiştir.

KAYNAKÇA

- [1] Chechurin, L., Elfvingren, K., & Lohtander, M. (2015, June). TRIZ Integration into a Product Design Roadmap. In Proceedings of the 25th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM), Wolverhampton, UK (Vol. 2, pp. 198-205).
- [2] Chrzaszcz, J. (2018). TRIZ inventive principles and computer design. Measurement Automation Monitoring, 64.
- [3] Mazur, G., 1995. Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ). URL: <http://www.mazur.net/triz/>
- [4] Şener, S. D. (2006). Triz: Yaratıcı Problem Çözme Teorisi Ve Diğer Problem Çözme Yöntemleriyle Karşılaştırma, Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [5] www.triz40.com
- [6] Michael A. Orloff, Modern TRIZ- A Practical Course with EASY TRIZ Technology, ISBN 978-3- 642-25217-4, Springer, 2011.
- [7] PETROVI, S. M., LOZANOVI, J. V., & PAVLOVI, J. M. (2014). TRIZ method application for improving the special vehicles maintenance. Thermal Science, 18(1), S13-S20.
- [8] Vojislav Miltenović, Nedeljko Dučić, Radomir Slavković, Snežana Radonjić, Nikola Bošković; INCREASE OF THE OPERATING LIFE OF A MOULD DURING THE CASTING PROCESS OF FLOTATION BALLS WITH THE AID OF TRIZ

- METHOD, FACTA UNIVERSITATIS, Mechanical Engineering Vol. 10, No 1, 2012, pp. 31 – 40
- [9] Başak, H., Şahin, İ., ve Top, N. (2018). TRIZ Yaklaşımı Kullanılarak Havalimanı Bekleme Alanlarının Arttırılması. 3'rd International Symposium on Industrial Design Engineering (ISIDE), Antalya, Turkey
- [10] Top, N., Şahin, İ., & Gökçe, H. (2018). 3B Yazıcı Teknolojisi için Topoloji Optimizasyonu: Otomotivde Salıncak Kolu Üzerine bir Çalışma. In *Third International Symposium on Industrial Design & Engineering (ISIDE)*, Antalya, Turkey.
- [11] Gökçe, H., Gökçe, H. “Catia V5 ile Bilgisayar Destekli Optimizasyon Süreci”, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 10(1), 49-57, 2013.
- [12] Ideation International Inc., 1999. Tools of Classical TRIZ. MI: Ideation International, Southfield.
- [13] Elmansy, R. (2016). URL: <https://www.designorate.com/practice-guide-to-solve-problems-with-triz/>.
- [14] Kurt, Ü., Bilgin, M. B., ve Yavuz, M., Türkiye’de TRIZ Eğitimi. URL: <https://slideplayer.biz.tr/slide/3053061/>

SABİT KANATLI İNSANSIZ HAVA ARAÇLARINDA ÇOKLU OTOPİLOT SİSTEMLERİ

Pınar Yücel

TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr. Coşku KASNAKOĞLU

TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Bu çalışmada sabit kanatlı insansız hava araçları için kullanılan otopilot sistemleri yedeklenerek sisteme entegre edilen seçmen algoritması ile MATLAB / SIMULINK ortamında performans analizleri yapılmıştır.

Bu analizler üç yedekli otopilot sistemi göz önüne alınarak yapılmıştır.

Yapılan analizler ise; yedeksiz ve doğru çalışan otopilot davranışına ait analiz, yedekli sistem - her üç otopilotun doğru çalıştığı durumdaki davranışa ait analiz, yedeksiz ve otopilotun yanlış çalıştığı durumdaki davranışa ait analiz, otopilotlardan herhangi birinin yanlış çalıştığı durumdaki davranışa ait analiz, iki otopilotun da yanlış çalıştığı durumdaki davranışa ait analiz, üç otopilotta da minik bozulmaların olduğu durumdaki davranışın analizi olarak verilmiştir.

Bu analizlerde, yedeksiz otopilot sistemlerinde, otopilotta meydana gelebilecek herhangi bir hata durumunda sistemin kararlılığının korunamadığı ve uçuş güvenliğinin sağlanamadığı gösterilmiştir. Bu sebeple yedekli otopilot sistemlerinin gerekliliğini göstermek ve optimum bir güvenlik - maliyet oranıyla uçuş güvenliğini sağlamak için üç yedekli otopilot sistemlerinin güvenlik analizinde özet olarak şu sonuçlar elde edilmiştir. Yedekli sistemlerde, iki otopilot sisteminde hata meydana gelse dahi veya üç otopilotta da küçük seviyede hata meydana gelmesi durumunda, seçmen algoritmasının yedekli otopilot sistemleriyle uyumlu çalışması sayesinde, sabit kanatlı insansız hava araçları için sistemin kararlılığının bozulmadığı ve uçuş güvenliğinin sağlandığı gösterilmiştir.

Yapılan analizlerin sonucunda otopilotların yedeklenmesinin uçuş güvenilirliğini arttırdığı görülmüştür. Eğer bir sistemin başarısızlık maliyeti olası kazalarda mal ve can kayıplarına sebep oluyor ise, sistem yedeklenerek güvenilirliği artırılmalıdır. Yedekli sistemlerde kullanılan algoritma herhangi bir kontrolcü tipinde uygulanabilir. Yapılan analizler oldukça yaygın bir başarısızlık olan dümen kaybı senaryosu dikkate alınarak yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: N Modüler Yedekli Sistemler, Seçmen Algoritmaları, Çoklu Sistemler, Sabit Kanatlı İnsansız Hava Araçları, Triple Modüler Çoklama, Matlab / SIMULINK

ABSTRACT

In this study, autopilot systems used for fixed unmanned aerial vehicles were backed up and performance analyzes were performed in MATLAB/SIMULINK environment with the voter algorithm integrated into the system.

These analyzes were made considering three redundant autopilot systems.

The analyzes are; analysis of non-redundant and correctly operating autopilot behavior, redundant system - analysis of behavior in which all three autopilots are operating correctly, analysis of non-redundant and autopilot operating in the faulty state, analysis of any autopilot operating in the faulty state, analysis of behavior of two autopilot operating in the faulty state, analysis of behavior in the case of minor disturbances in all three autopilots.

In these analyzes, it is shown that the stability of the system cannot be maintained and flight safety cannot be ensured in case of any error that may occur in autopilot at non-redundant autopilot systems. Therefore, in order to demonstrate the necessity of redundant autopilot systems and to ensure flight safety with an optimum safety - cost ratio, the following results are summarized in the safety analysis of three redundant autopilot systems. In the redundant systems, even if two autopilot systems fail, or a small level of error occurs at three autopilots, it is shown that the stability of the system for fixed wing unmanned aerial vehicles is non deteriorated and flight safety is ensured thanks to the coherent working of the voter algorithm with redundant autopilot systems.

As a result of the analysis, it was seen that autopilot redundancy increases flight reliability. If the cost of failure of a system causes property and life losses in possible accidents, the system should be redundant to increase its reliability. The algorithm used in redundant systems can be implemented in any type of controller. The analyzes have been made considering the scenario of loss of rudder control which is a common failure.

Keywords: N Modular Redundancy Systems , Voter Algorithms, Redundant Systems, Unmanned Aerial Vehicles, Triple Modular Redundancy, Matlab/SIMULINK

1.GİRİŞ

İnsansız hava araçları kullanılmaya başlandığı ilk günden bugüne beraberinde getirdiği yeniliklerle son yüzyıllardaki savunma stratejileri için önemli bir rol oynamaktadırlar. Özellikle insan faktörünün ortadan kalkmasıyla olası kazalarda pilot kayıplarının önüne geçilmesi çalışmalar için motivasyon kaynağı olmuştur[1].En basit tanımıyla insansız hava aracı; mürettebatı, bir bilgisayar sistemi ile değiştirilmiş ve kablosuz veri hattına sahip bir otonom araçtır. Üstlendiği görevleri herhangi bir yaşam birimine ihtiyaç duymadan yerine getirebilen bu araçlar mürettebata ihtiyaç duymaması açısından hem ekonomik hem de stratejik olarak büyük önem taşımaktadırlar[2].Yedekli sistemler ise, bir sistemin güvenilirliğini ve kullanılabilirliğini geliştirmek için ortak bir yaklaşımdır[3]. Bir sistemi

çoklamak, sistemin kompleksliğini ve maliyetini artırır. Eğer sistemin başarısızlık maliyeti yeterince yüksekse, makul bir seçenektir. Çeşitli yöntem ve tekniklerle sistemleri çoklamak mümkündür[4].

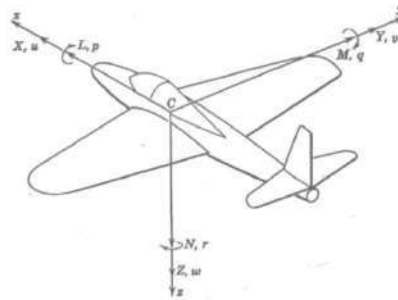
Üçlü yedekli otopilotlar askeri uçaklarda(RAF's Trident Fleet) 1960'ların başlarında üç yedekli otomatik iniş sistemi olarak kullanılmışlardır. 10 yıl sonra Aerospatide-Bac Concorde uçuş kontrol sisteminde üçlü yedekli sistem teknolojisinden yararlanmışlardır[5]. Şuanda bazı insanlı askeri ve ticari uçaklarda üçlü yedekli sistem kullanılmaktadır. Yani havacılık endüstrisinde üçlü yedekli sistemler kullanılmasına rağmen, İHA'lar için nispeten yeni bir eklemedir.

Bu çalışmada yedeklenen otopilot sisteminde, mekanik nedenlerden dolayı, yaygın bir başarısızlık olan dümen kaybı senaryosu incelenmiştir.

2.SİSTEM

2.1.Sitem Modeli

Bir kontrolcü tasarlamak için doğrusal model türetmek genellikle gereklidir. Doğrusal olmayan model, trim koşullarından elde edilen bir çalışma noktası çevresinde doğrusallaştırılmıştır[6].Yedeklenen otopilot sisteminde mekanik nedenlerden dolayı, yaygın bir başarısızlık olan dümen kaybı senaryosu incelenmiştir. Dümen kaybı operasyonu için bu türetilmiş doğrusallaştırılmış modelin elde edilmesi için küçük bozulma teoremi kullanılmıştır. Küçük sinyal modeli, sistemin geçici işlemlerden sonra elde edeceği işlem noktasındaki sapmayı temsil eder. Son zamanlarda endüstriyel sistemlerin boyutları arttığından, tek bir bileşen arızası nedeniyle bir veya daha fazla kontrol yüzeyi kaybına neden olan sorunlar ortaya çıkmıştır. Bu sorunun çözümü, bir bileşenin arızasına rağmen etkilenen durum değişkenini diğer aktif kontrol yüzeylerini kullanarak, bir bileşenin arızasına rağmen sistemin çalışmasını kontrol etmek ya da sürdürmektir. Sabit kanatlı bir insansız hava aracının düz ve döner varsayımlarından sonraki dinamikleri 12. dereceden doğrusal olmayan bir diferansiyel denklem sistemi ile tanımlanabilir. Uçağın sistem parametreleri Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1: Uçağın Hareketlerinin Tanımlandığı Eksenler

Şekil 1'de de gösterildiği gibi uçağın hareketi, üç adet ötelenme ve üç adet dönme kuvveti ile yönetilir[6].

Öteleme Kuvvetleri(X, Y, Z);

$$X = m(\dot{u} + qw - rv) + mg\sin\theta \quad (1)$$

$$Y = m(\dot{v} + ru - pw) - mg\cos\theta\sin\varphi \quad (2)$$

$$Z = m(\dot{w} + pv - qu) - mg\cos\theta\cos\varphi \quad (3)$$

Moment Denklemleri (Dönme Kuvvetleri; L, M, N);

$$L = I_x\dot{p} - I_{xz}\dot{r} + qr(I_z - I_y) - I_{xz}pq \quad (4)$$

$$M = I_y\dot{q} + rp(I_x - I_z) + I_{zx}(p^2 - r^2) \quad (5)$$

$$N = I_z\dot{r} - I_{xz}\dot{p} + pq(I_y - I_x) + I_{zx}qr \quad (6)$$

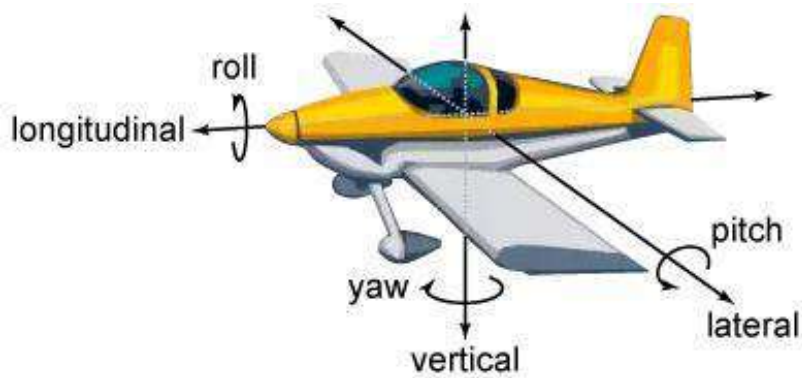
Yukarıda verilen denklemler (1-6) uçağın hareketlerini tanımlamak için kullanılır. Bu 6 adet değişken, sisteme girdi olarak yorumlanabilir.

Gövde referans koordinat sistemine göre, yalpalama(pitch), sapma(yaw) ve yuvarlanma(roll) hızları(p, q, r);

$$p = \dot{\varphi} - \dot{\psi}\sin\theta \quad (7)$$

$$q = \dot{\theta}\cos\varphi + \dot{\psi}\cos\theta\sin\varphi \quad (8)$$

$$r = \dot{\psi}\cos\theta\cos\varphi - \dot{\theta}\sin\varphi \quad (9)$$



Şekil2: Hava Aracının Hareketleri

Dünya referans koordinat sistemine göre, Euler açısal hızları ($\dot{\varphi}$, $\dot{\theta}$, $\dot{\psi}$);

$$\varphi = p + (q \sin \theta + r \cos \theta) \tan \theta \quad (10)$$

$$\theta = q \cos \varphi - r \sin \varphi \quad (11)$$

$$\psi = (q \sin \varphi + r \cos \varphi) \sec \theta \quad (12)$$

Öteleme hızları ($\dot{x}_E, \dot{y}_E, \dot{z}_E$);

$$\dot{x}_E = u \cos \theta \cos \psi + v (s \varphi \sin \theta \cos \psi - c \varphi \sin \psi) + w (c \varphi \sin \theta \cos \psi + s \varphi \sin \psi) \quad (13)$$

$$\dot{y}_E = u \cos \theta \sin \psi + v (s \varphi \sin \theta \sin \psi + c \varphi \cos \psi) + w (c \varphi \sin \theta \sin \psi - s \varphi \cos \psi) \quad (14)$$

$$\dot{z}_E = -u \sin \theta + v \sin \varphi \cos \theta + w \cos \varphi \cos \theta \quad (15)$$

Yukarıdaki denklemlerden de anlaşılacağı üzere sistem doğrusal sistem değildir.

Doğrusal modeli türetmek için küçük bozulma teoremi kullanılır.

$$x = x_0 + \Delta x \quad (16)$$

İdeal koşullar için giriş, durum ve çıkış değişkenleri aşağıdaki gibi seçilmektedir;

$$\Delta x = [\Delta V \ \Delta \alpha \ \Delta \beta \ \Delta p \ \Delta q \ \Delta r \ \Delta \psi \ \Delta \theta \ \Delta \varphi \ \Delta x_E \ \Delta y_E \ \Delta z_E]^T \quad (17)$$

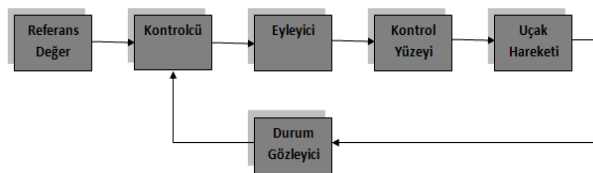
$$\Delta u' = [\Delta \delta p \ \Delta \delta e \ \Delta \delta a \ \Delta \delta r]^T \quad \Delta y' = [\Delta V \ \Delta \beta \ \Delta \theta \ \Delta \varphi]^T \quad (18)$$

V, α ve β sırasıyla hızı, hücum açısını ve yan kayma açısını gösterir. Dümen kontrol yüzeyinin kaybı durumunda $\Delta \delta r$ manüvle edilemez ve proses gürültüsü olarak kabul edilebilir. Bir hata oluştuğundan sonra giriş rüzgar ve uçuş hareketlerinden etkilenir. Bu nedenle yeni giriş ve çıkış vektörleri aşağıdaki gibi seçilmelidir;

$$\Delta u = [\Delta \delta p \ \Delta \delta e \ \Delta \delta a]^T \quad \Delta y = [\Delta V \ \Delta \theta \ \Delta \varphi]^T \quad (19)$$

2.2. Otopilot Sistemler

İtopilot sistemleri, hava aracında insan müdahalesi olmadan veya bu müdahaleyi minimum seviyede tutarak, uçuşun kararlı bir şekilde sürdürülebilirliğini sağlayan sistemlerin genel adıdır. Otopilot, kapalı döngü bir kontrol sistemidir ve durum gözleyicisi ve kontrolcü bu sistemi oluşturan başlıca iki bileşendir[7]. Otopilot sisteminin önemli bileşeni olan kontrolcü, temel olarak durum gözleyicisinden aldığı bilgiyi, üzerine programlı kontrol yazılımına göre işleyip, eyleyicileri harekete geçirerek kontrol yüzeyinde değişiklik yapabilen yapıdır[8]. Bir otopilotun temel kontrol yapısı aşağıdaki gibidir;



Şekil 3: Temel Otopilot Kontrolü

2.3. Yedekli Sistemler ve Yedeklenen Otopilot Tipi

Yedekli sistemler; otopilot teknolojisinde hassas uçuş görevini güvenli bir şekilde yürütmek için gerekli güvenilirliği verir. Paralel yedeklemede, çoklu olarak çalışan üniteler vardır. Tüm üniteler sekronize haldedir ve aynı girdi bilgilerini aynı anda alır. Daha sonra çıktı değerleri mantıksal kapılardan geçirilerek, kullanılacak olan üniteye karar verilir[9]. Paralel yedeklemenin üç ana tipi vardır:

- Dual Modüler Yedekleme
- Triple Modüler Yedekleme
- Quadruple Modüler Yedekleme

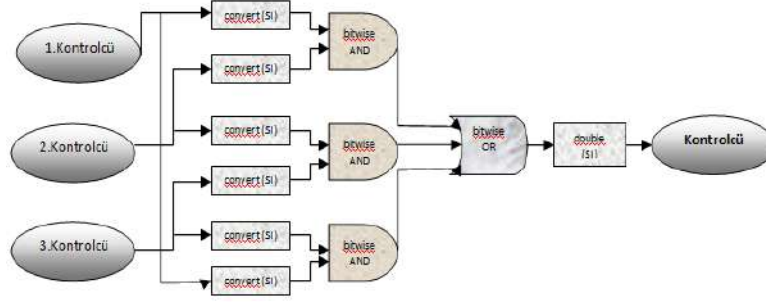
Yedekleme Tiplerinin Karşılaştırılması				
	Yedeksiz	Dual	Triple	Quadruple
Güvenilirlik	*	**	***	****
Maliyet	*	**	***	****
Yedeklilik	*	**	***	****
Değiştirme Süresi	-	**		

NOT: Yıldız (*) sayısı, ilgili değer arttığını göstermektedir. (-) ile gösterilen teknikler kıyaslanmaya alınmamıştır.

Üçlü yedeklilik, otopilot teknolojisine hassas uçuş görevini güvenli bir şekilde yürütmek ve faydalı yük taşımak için gerekli güvenilirliği verir.[3] Üçlü yedeklilik üç benzer yazılım ve donanım sisteminden oluşur. Üçlü sistemden herhangi bir sistem başarısız olursa kalan ikili sistem çift yedeklilik imkanı sunar. Eğer kalan ikili sistemden biri başarısız olursa üçüncü sistem devralır. Bu üç sistemi denetlemek için bir seçmen bulunmaktadır[10]. Tasarlanan bu seçmen ile sistemin hata toleransının artırılması hedeflenmektedir. Üç yedekli sistemler otopilot arızalarında oldukça toleranslıdır. Hata toleransı genel olarak temel bir hata oluşumuna rağmen doğru çalışmayı sağlamak ve böylece güvenilirliği de artırmak anlamına gelir. Bir otopilotta dahili veya harici bir hata-arıza meydana gelmesi, otopilotun gerçek çıkışını etkilememelidir[11].

Kullanılan seçmen algoritması;

$$V=XY+XZ+YZ \quad (20)$$

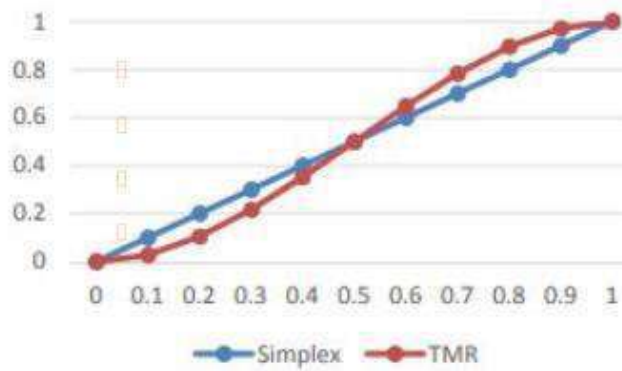


Şekil 4: Seçmen Tasarımı

Hatasız çalıştığı varsayılan seçmen ile ilişkin ideal güvenilirlik değeri $R_V=1$ dir. Üç yedekli sistemin güvenilirlik denklemi[10];

$$R_{TMR}=R_A^3+3(1-R_A)R_A^2 \quad (21)$$

Hatalı olmayan otopilot (R_A), hatalı otopilot ise $(1-R_A)$ ile ifade edilmiştir. Denklemin sağ tarafındaki ilk terim (R_A^3) tüm otopilotların doğru çalıştığı durumu, ikinci terim $(3(1-R_A)R_A^2)$ tek otopilotta hata olduğu durumu gösterir. Tek otopilot içeren yedeksiz sistemlerde, sistemlerin güvenilirliği $R_S=R_A$ olarak gösterilir. Aşağıdaki grafikte yedeksiz ve yedekli sistemlerin karşılaştırılması verilmiştir. x-ekseni otopilot güvenilirliğini, y-ekseni sistem güvenilirliğini temsil etmektedir.



Şekil 5: Yedeksiz ve Yedekli Sistemlerin Karşılaştırılması

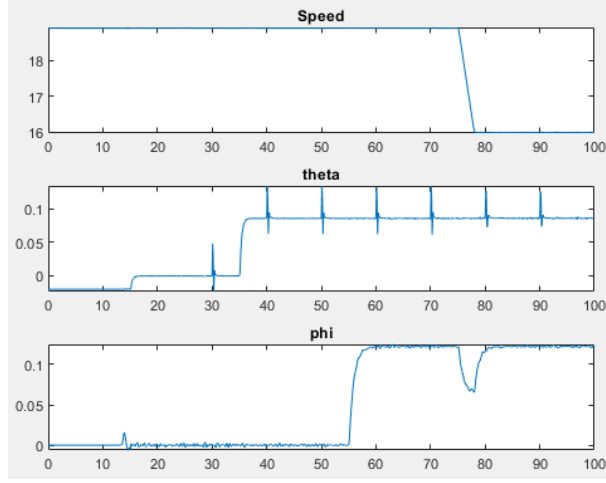
Yukarıdaki grafikten de anlaşılacağı üzere sistem güvenilirliğinin yüksek olduğu yerlerde yedekli sistemlerin daha güvenilir olduğu görülmektedir.

3.TEST ve SONUÇLAR

Yedekli sistemlerde kullanılan algoritma, herhangi bir otopilot tipi için kullanılabilir. Aşağıda çeşitli senaryolar için sistem karşılaştırmaları yapılmıştır. Varsayımlar, kayan kipli kontrol yapısına sahip otopilot tipinde uygulanmıştır. Öncelikle yedeksiz ve doğru çalışan otopilot

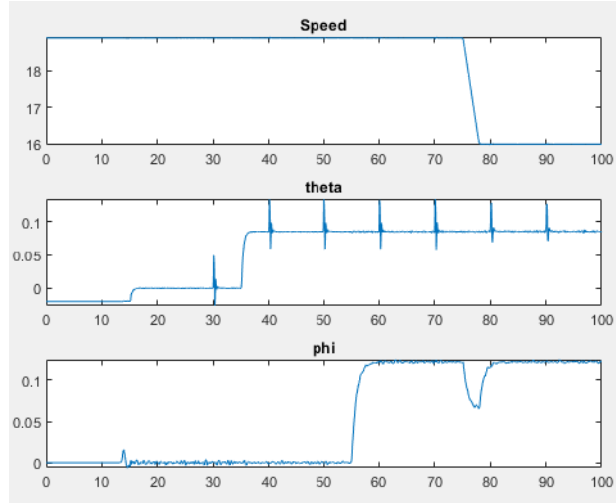
çıkıtısı verilmiştir. Referans değerleri uçuş sırasında hız için 16 ve 18.9 , yalpalama açısı 0 ve 5, sapma açısı içinse 0 ve 7 değerleri farklı zaman dilimleri boyunca uygulanmıştır .

Yedeksiz ve doğru çalışan otopilotun çıktıkları aşağıdaki gibidir,



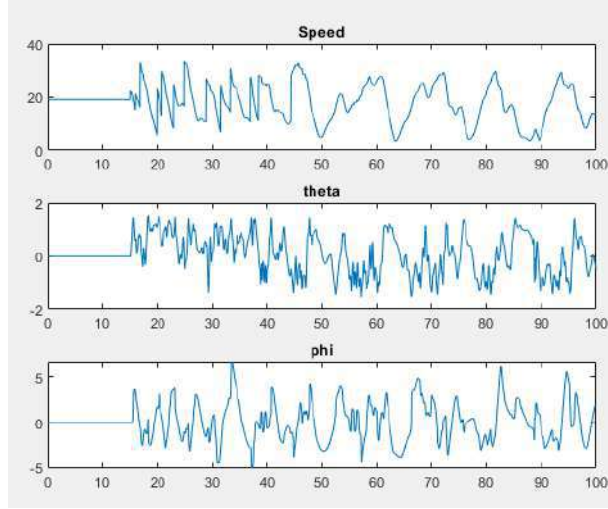
Şekil 6: Yedeksiz ve Doğru Çalışan Otopilot Çıktısı

Sistemdeki otopilotların yedeklendiği ve üçününde doğru çalıştığı durumda sistemin çıktıkları aşağıdaki gibidir.



Şekil 7:Yedekli Sistem- Her Üç Otopilotun Doğru Çalıştığı Durum

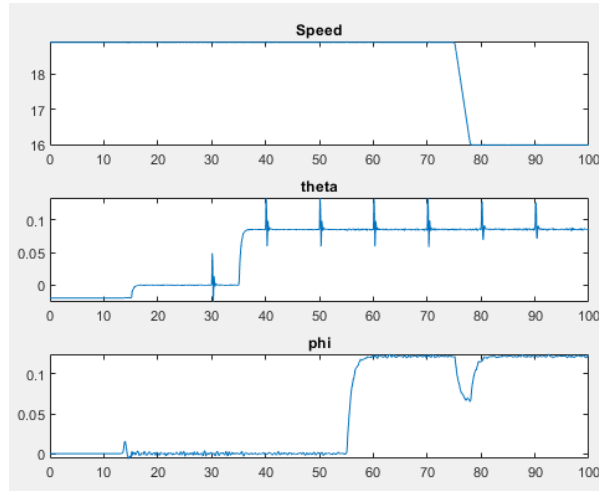
Yedeksiz ve yanlış çalışan otopilotun çıktıları aşağıdaki gibidir.



Şekil 8: Yedeksiz ve Otopilotun Yanlış Çalıştığı Durum

Yukarıdaki görüntüden de anlaşılacağı üzere yedeksiz sistemlerde hata durumunda sistemin kararlılığı bozulmuştur. Bu durumda uçuş başarısız olacaktır.

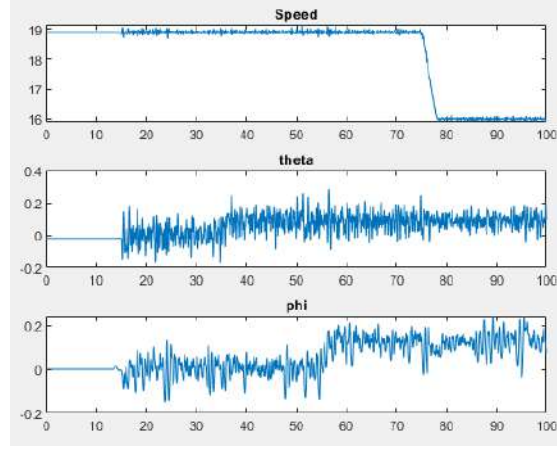
Aşağıdaki görüntüde üç otopilottan herhangi birinin bozulması durumunda sistemin çıktıları verilmiştir.



Şekil 9: Otopilotlardan Herhangi Birinin Yanlış Çalıştığı Durum

Yukarıdaki görüntüden anlaşılacağı üzere yedekli sistem herhangi bir otopilotta arıza olması durumunda hatayı başarıyla maskeleymiş ve istenen referans değerlerini takip etmiştir.

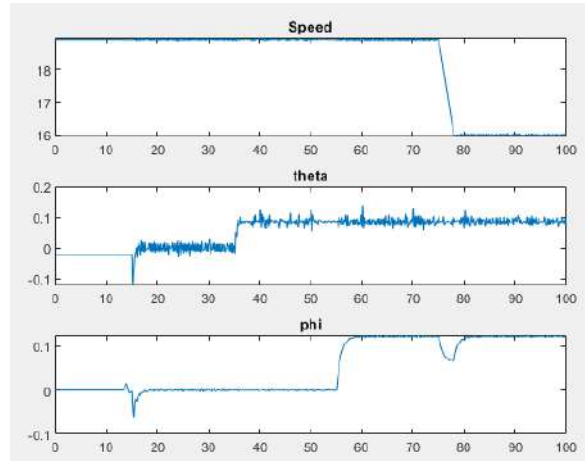
Aşağıda sistemdeki üçüncü otopilotun arızalandığı ve ikinci otopilota da küçük bozulmaların eklendiği durum çıktısı verilmiştir.



Şekil 10: İki Otopilotunda Yanlış Çalıştığı Durum

Yukarıdaki görüntüden anlaşılacağı üzere, sistem her üç otopilottan farklı sinyaller gelse bile hataları başarıyla maskeleymiş ve kararlılığı bozulmamıştır.

Her üç otopilota da minik bozulmalar eklendiğinde sistemin kararlılığı bozulmamakta ve uçuş başarılı devam etmektedir.



Şekil 11: Üç Otopilotta da Minik Bozulmaların Olduğu Durum

Seçmen hangi sinyallerin bozucu olduğunu bilmeden sistemin doğru çıktısını sinyalleri mantık kapılarından geçirerek elde etmektedir.

Yedekli sistemler fazla donanımsal yükleri ile eleştirilirler (%200). Donanım yükünün azalması için literatürde yedekli sistemin seçici olarak yerleştirilmesi önerilmiştir[11]. Ağırlık maliyet gibi açılardan uygun olsada, güvenilirliğin maliyetin çok üzerinde olduğu kritik öneme sahip sistemlerde tam yedeklilik tercih edilir. Zor arazi şartlarında düşen bir insansız hava aracını kurtarmak zordur ve yedekli otopilot sistemi tercih edilerek kaza olasılığının düşürülmesi mantıklı olacaktır[12]. Doğru çalışacak yedekli bir sistemde her bir otopilot aynı göreve programlanmalıdır. Aksi halde otopilotlar arasında geçiş yaparken yeni otopilot tamamen farklı bir rota izleyebilir.

4.GELECEK ÇALIŞMALAR

Matlab/SIMULINK te gerçekleştirilen testler, gerçek uçuş ve uçuş simulatörlerinde yapılacaktır.

5.KAYNAKLAR

[1]Akyürek, Ş., Özden, G.S., Kürkçü B., Kaynak, Ü., Kasnakoğlu, C., Design of a Flight Stabilizer for Fixed – Wing Aircrafts Using Loop Shaping Method, 9th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO 2015), IEEE, November 26 – 28, 2015, Bursa, Turkey

[2]Austin, R., Unmanned Aircraft Systems Design and Developments, Wiley Publications, 2010,372 s.

[3] R.V. Kshirsagar, R.M. Patrikar, “Design of a novel fault-tolerant voter circuit for TMRimplementation to improve reliability in digital circuits,” Microelectronics Reliability, vol. 49,no. 12, pp. 1573-1577, December 2009.

[4]T. Ban, L.A.B. Naviner, “A simple fault-tolerant digital voter circuit in TMR nanoarchitectures,” Proc. 8th IEEE International NEWCAS Conference, pp. 269-272,2010.

[5]Dołęga, B., Kopecki, G., Tomczyk, A., 2017, "Analytical Redundancy in Control Systems for Unmanned Aircraft and Optionally Piloted Vehicles”Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej(Scientific Journals of Rzeszów University of Technology), Mechanika (Mechanics), 238(71), Rzeszów, pp. 31-4.

[6]U.Gunes, A.Sel, C. Kasnakoglu, U. Kaynak“ Output Feedback Sliding Mode Controlof a Fixed-Wing UAV under Rudder Loss”, AIAA Scitech 2019 Forum, January

[7]Haiyang Chao, Yongcan Cao, YangQuan Chen, Autopilots for Small FixedWing Unmanned Air Vehicles: A Survey, International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA), 3144-3149, Ağustos 2007.

[8]Ertin O.B. " SABiT KANATLI BiR İNSANSIZ HAVA ARACI İÇİN OTOPILOT SİSTEMİ GELİŞTİRMEDE DÖNGÜDE DONANIM TABANLI YAKLAŞIM", Ankara,2013.

[9]M. L. SHOOMAN(2002). "COMPUTER SYSTEMS AND NETWORKS Fault Tolerance, Analysis, and Design " no.,pp.146-147

[10]P.Babul Saheb, Mr. k.Subbarao, Dr. S.Phani kumar, “A Survey on Voting Algorithms Used In Safety Critical Systems“,International Journal Of Engineering And Computer Science,India,2013, Page No. 2272-2275.

[11]P.Balasubramanian,K.Prasad, “A Fault Tolerance Improved Majority Voter for TMRSystem Architectures”, WSEAS Transactions on Circuits and Systems, pp. 108-122, 2016.

[12]MAKKAY, I.,2013" REDUNDANCY FOR UAVS - GROUND CONTROL STATIONS", Repüléstudományi Közlemények,2013.

DESTEK MATERYALSIZ POLİPİROL ELEKTROTTA CO₂'İN ELEKTROKİMYASAL İNDİRGENMESİ

Arş. Gör. Dr. Doğan ÇİRMİ

Mersin Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi

Doç. Dr. Rezan AYDIN

Mersin Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi

ÖZET

Bu çalışmada, kimyasal sentez yöntemiyle FeCl₃ ve I₂ ortamında polipirol çökelti halinde elde edilmiş ve kalıplara dökülerek destek materyali içermeyen polipirol elektrotlar hazırlanmıştır. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) kullanılarak elektrotların karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir. Destek materyali içermeyen polipirol elektrotun 0,1 M H₂SO₄ içerisinde temel diyagramı alınarak elektrokimyasal olarak aktif olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, hazırlanan polipirol elektrotun CO₂ indirgenme reaksiyonundaki elektrokatalizör özelliği incelenmiştir.

Karbondioksitin elektrokimyasal indirgenmesi sonucu oluşabilecek ürünlerin belirlenebilmesi için CO₂ ile doyurulmuş MeOH / 0,1 M LiClO₄ / 15 mM H₂SO₄) elektrolit ortamında elektrolizler gerçekleştirilmiştir. Farklı potansiyel (-0,50 V, -0,55 V, -0,60 V, -0,65 V, -0,70 V) ve zamanlarda (30 dk, 45 dk, 60 dk, 90 dk, 120 dk) gerçekleştirilen elektrolizler sonucunda ürün olarak formik asit tespit edilmiştir. Destek materyalsiz polipirol elektrot üzerinde gerçekleştirilen CO₂ indirgenmesinde formik asit için maksimum faradaik verim -0.55 V (Ag/AgCl) 30 dk'da %92 olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Polipirol, CO₂ indirgenme reaksiyonu, Elektrokatalizör, Dönüşümlü Voltametri

ABSTRACT

In this study, polypyrrole was precipitated in the presence of FeCl₃ and I₂ by direct chemical synthesis method and non-supported polypyrrole electrode was prepared by pouring of the obtained polypyrrole into molds. The characterization of the electrode was analyzed using Scanning Electron Microscope (SEM) and Fourier Transform Infrared Spectroscopy. The electrochemical activity of non-supported polypyrrole electrode was confirmed by taking the basic diagram in 0.1 M H₂SO₄. Moreover, the electrocatalyst property of prepared non-supported polypyrrole electrode was investigated for reduction of CO₂ reaction.

For the determination of products which could be formed at the end of the electrochemical reduction of carbon dioxide, electrolysis experiments were carried out in MeOH / 0.1 M LiClO₄ / X mM H₂SO₄ (X; 5 mM, 15 mM, 30 mM, 45 mM) which saturated with CO₂. As a result of the experiments which were carried out at different operating potential ranging from -0.45 to -0.7 V and ranging from 30 to 120 minute, formic acid was determined as the main

product. The novel material reduces CO₂ specifically to formic acid at -0.55 V(Ag/AgCl) with a maximum Faradaic efficiency of 92%.

Keywords: Polypyrrole, reduction of CO₂ reaction, cyclic voltammetric, Electrocatalyst

GİRİŞ

Fosil yakıtlar, karbon ve karbonlu bileşenler içermektedir. Bu yakıtların enerjiye dönüştürülmesi sırasında atmosfere karbondioksit salınımı olmaktadır. Atıl durumda bulunan ve doğaya zararlı olarak değerlendirilen bir karbon kaynağının kullanılabilir bileşiklere (formik asit, asetik asit, metanol vb.) dönüştürülmesi önem arz etmektedir. Karbondioksiti indirgemek için birçok yöntem (kimyasal, fotokimyasal, elektrokimyasal) geliştirilmiştir (Liyun vd. 2017). Bu yöntemler arasında en fazla ilgi çeken elektrokimyasal indirgenmedir. Elektrokatalizörler, bu elektrokimyasal sistemlerin en önemli malzemelerini oluşturmaktadır. Metal, metal alaşımları ve metal bazlı materyaller (Pt, Ru, Pd, Au, Sn, Cu, Pt/C ve Pt-Ru/C gibi) bu sistemlerde katalizör olarak kullanılmaktadır (Zexing vd. 2018). Pt, Pt-bazlı, Pd, Pd-bazlı ve Ru gibi elektrokatalizörlerin, elektrokimyasal reaksiyonlarda en iyi performansı sergiledikleri bilinmektedir. Ancak, bu metallerin doğadaki rezervleri çok az olduğu için maliyeti yüksektir ve kullanım aşamasında katalizör zehirlenmesi gibi nedenlerle kolayca aktivitesini yitirebilmektedirler. Bu nedenle, elektrokimyasal reaksiyonlarda dezavantajları azaltacak, yüksek performans ve verimliliğe sahip, düşük maliyetli, metal içermeyen elektrokatalizör arayışı yoğun araştırmalara neden olmaktadır (Yao vd. 2014).

İletken polimerler (polianilin, polipirol, politiyofen vs.) yüksek iletkenliği, optik ve elektrokimyasal özellikleri sayesinde çeşitli tepkimelerde elektrokatalizör olarak kullanılabilir (Surya vd. 2008). Bu amaçla hazırlanan bir iletken polimer elektrot, genellikle bir metal (Pt, Au, Cu vs.) üzerine elektrokimyasal olarak sentezlenerek hazırlanmaktadır. Literatürde bu elektrotlar oksijen indirgenme reaksiyonu, oksijen çıkış reaksiyonu, CO₂ indirgenmesi, formik asit ve metanol yükseltgenmesi gibi elektrokimyada yaygın olarak incelenen katodik ve anodik reaksiyonlarda yüksek katalitik aktivite sergilemektedirler (Tamman ve Saleh 2014).

Daha önce laboratuvarımızda yapılmış olan çalışmalarda, Pt/polipirol, Pt/polianilin, Pt/poliindol, Pt/polipirol-polianilin, Cu/polipirol, Cu/polianilin gibi metal destekli iletken polimer elektrotlar hazırlanmış ve bu elektrotların hidrojen çıkış (Aydın ve Köleli 2006), N₂ (Kayan ve Köleli 2015), NO₃⁻ (Çirmi vd. 2015) ve CO₂ indirgenme reaksiyonlarındaki elektrokatalizör özellikleri incelenmiştir (Aydın ve Köleli 2002). Bu incelemeler, iletken polimerlerin düşük aşırı gerilimlerde elektrot yüzeyinde atomik hidrojen oluşumunu sağlayarak N₂, NO₃⁻, CO₂ gibi moleküllerin hidrojenasyonunu katalizlediğini göstermiştir. Ancak, elektrokatalizörler olarak kullanılan iletken polimerler bir destek metali üzerinde bulunduğundan reaksiyonların polimer tarafından mı yoksa metal tarafından mı katalizlendiği tam olarak anlaşılamamıştır. İletken polimerlerin katalitik etkinliğini anlamak üzere bu

çalışmada, destek materyali olmaksızın polipirol sentezlenmiş, elektrot haline getirilmiş ve CO₂ indirgenmesinde elektrokatalizör olarak kullanılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Materyaller

1. Elektrokimyasal Hücreler ve Elektrotlar

DeneySEL aşamalarda üç bölmeli (H-tipi hücre) elektrokimyasal cam hücre kullanılmıştır. Elektrokimyasal ölçümler ve sabit potansiyelde gerçekleştirilen elektrolizler bu hücrede gerçekleştirilmiştir. Çalışma elektrotu olarak kimyasal yöntemle hazırlanmış destek materyali içermeyen polipirol elektrot (Şekil 1), karşı elektrot olarak 7,50 cm² yüzey alanına sahip Pt-levha ve referans elektrot olarak Ag/AgCl (3,5 M KCl) elektrotu kullanılmıştır.



Şekil 1. Polipirol elektrot.

2. Kullanılan cihazlar

Kimyasal yöntemle sentezlenen ve elektrot haline getirilen polipirol elektrotun yüzey morfolojisini incelemek amacıyla Zeiss Supra 55 marka SEM cihazı kullanılmıştır.

Destek materyali içermeyen polipirol elektrotun elektrokimyasal aktivitesinin belirlenmesi, CO₂ moleküllerinin elektrokimyasal indirgenme reaksiyonunun kinetik incelemeleri ve elektrolizler CHI 660B model elektrokimyasal çalışma ünitesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. CO₂ molekülünün elektrokimyasal indirgenmesi sonucu oluşacak ürünlerin kalitatif ve kantitatif analizi için AGİLENT 19091N-133 marka GC cihazı kullanılmıştır.

Metod

PPy Elektrotun Hazırlanması

Polipirolün kimyasal sentezi için iki çözelti sistemi hazırlanmıştır:

Çözelti I: 50 mL su içerisinde 4,055 g FeCl₃ çözüldü. Bu çözelti 10 dakika boyunca magnetik karıştırıcı ile karıştırıldı.

Çözelti II: 10 mL etanol içerisinde 0,2 mmol I₂ çözülerek üzerine 7mmol pirol monomeri eklendi.

Çözeltileri hazırlama işleminden sonra, çözelti II, çözelti I üzerine damla damla eklenerek 1 saat boyunca magnetik karıştırıcı yardımıyla oda sıcaklığında karıştırıldı. Elde edilen polipirol partikülleri süzme (kaba süzgeç kağıdı, gözenek çapı: 20 mikron) ve yıkama (etanol ve su) işlemlerinden sonra kalıplar içerisine dökülerek 2 gece boyunca 30°C'da kurutuldu.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Pt-grubu metalleri üzerine sentezlenmiş iletken polimer, π - elektronlarca zengin olan CO₂, N₂ ve NO₃⁻ gibi molekülleri sırasıyla formik asit ve amonyak gibi değerli temel kimyasallara indirgeyebilmektedir.

Laboratuvarımızda yapılan çalışmalarda, düşük aşırı gerilimlerde (<-2.0 V) CO₂ indirgenmesinde reaksiyon mekanizmasının H_{ad} üzerinden yürüdüğü ve iletken polimerlerin H_{ad} oluşumuna önemli derecede katkıda bulunduğu önerisi ileri sürülmüştür (Çirimi vd. 2015, Aydın ve Köleli 2002, Kayan ve Köleli 2015). Bu da bizi iletken organik polimerlerin hidrojenasyonlar için uygun malzemeler olarak kullanılabilceği sonucuna götürmektedir.

1. Destek Materyaliziz Polipirol Elektrotun Karakterizasyonu

İletkenlik Ölçümü ve SEM Analizi

Polipirolün kimyasal sentezi sonucunda elektrot hazırlığı için en uygun sentez ortamının FeCl₃/H₂O + 0,2mmol < I₂ + Etanol < 0,8 mmol olduğu belirlenmiş (Tablo 1) ve eşit miktarda (7mmol) pirol içeren ortama 0,2 mmol , 0,4 mmol, 0,8 mmol I₂ eklenerek hazırlanmış olan polipirol elektrotların iletkenlik değerleri four probe tekniğiyle belirlenerek karşılaştırılmıştır.

0,2 mmol, 0,4 mmol, 0,8 mmol I₂ kullanılarak hazırlanmış olan polipirol elektrotların iletkenlik değerleri birbirine çok yakın olmalarına rağmen, 0,2 mmol I₂ kullanıldığında en yüksek iletkenlik değerine ($6,2 \times 10^{-2} \pm 0,004$) sahip polipirol elektrotlar hazırlanmaktadır.

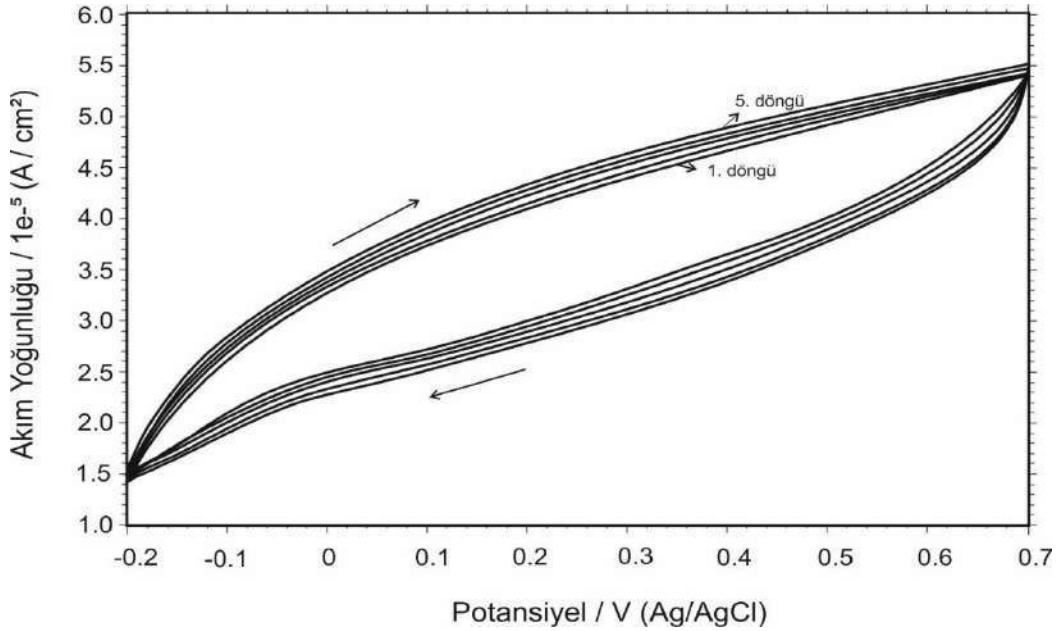
FeCl₃/0,2 mmol I₂ kullanılarak sentezlenmiş olan polipirolün yüzey morfolojisini incelemek için 75.00 KX büyütme (a) ve 25.00 KX (b) büyütme sonucu SEM görüntüleri alınmıştır.

Polipirol elektrotun SEM görüntüleri incelendiğinde, süngerimsi ve oldukça gözenekli bir yapıya sahip olduğu, tanecik boyutun 35 – 90 nm aralığında değiştiği gözlemlenmiştir.

2. Elektrokimyasal Ölçümler

2.1. Destek Materyaliz Polipirol Elektrotun Elektroaktifliği

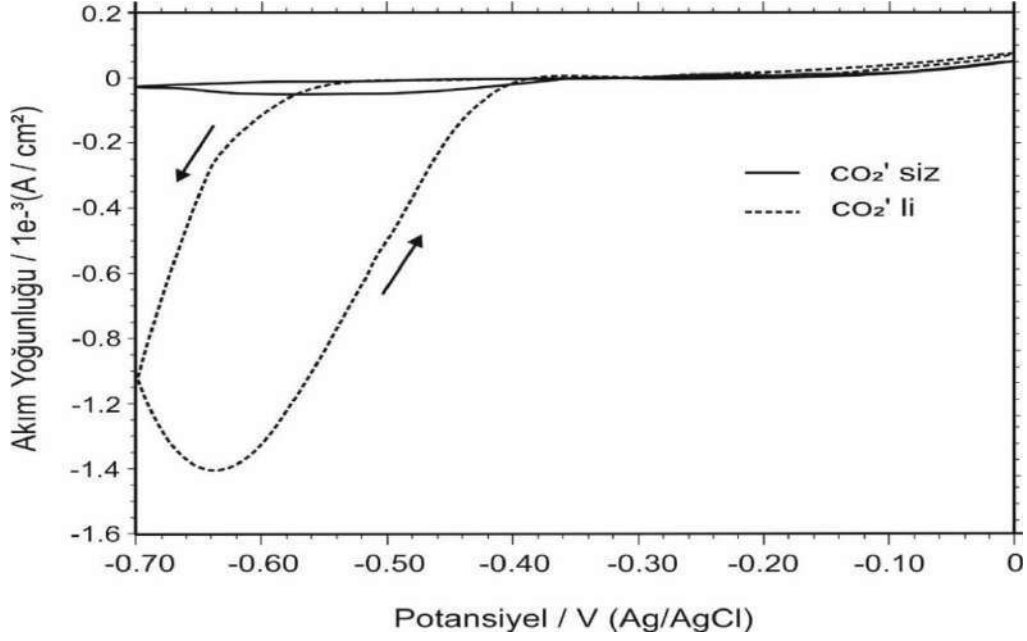
Kimyasal olarak hazırlanan polipirolün elektrokimyasal olarak aktif olup olmadığı 0,1 M H₂SO₄ çözeltisi içinde temel diyagramı alınarak kontrol edilmiştir (Şekil 2). -0,2 V ve 0,7 V potansiyel aralığında, 10 mV/s tarama hızı ile alınan dönüşümlü voltamogramda döngü sayısı arttıkça akımın arttığı görülmektedir. Döngü sayısına bağlı olarak meydana gelen akım artışı polipirol elektrotun elektroaktif olduğunu göstermektedir.



Şekil 2. Polipirol elektrotun 0,1 M H₂SO₄ içindeki temel diyagramı. $v : 10 \text{ mV s}^{-1}$

2.2. Destek Materyalsiz Polipirol Elektrot Üzerinde Karbondioksitin Elektrokimyasal İndirgenmesi

PPy elektrotun CO₂ indirgenme reaksiyonundaki katalitik aktivitesini belirleyebilmek için MeOH / 0,1 M LiClO₄ / 15 mM H₂SO₄ içerisinde polipirol elektrotun dönüşümlü voltamogramları incelenmiştir. Polipirol elektrotun elektrokimyasal aktivitesi gösteren dönüşümlü voltamogram Şekil 3'te görülmektedir.



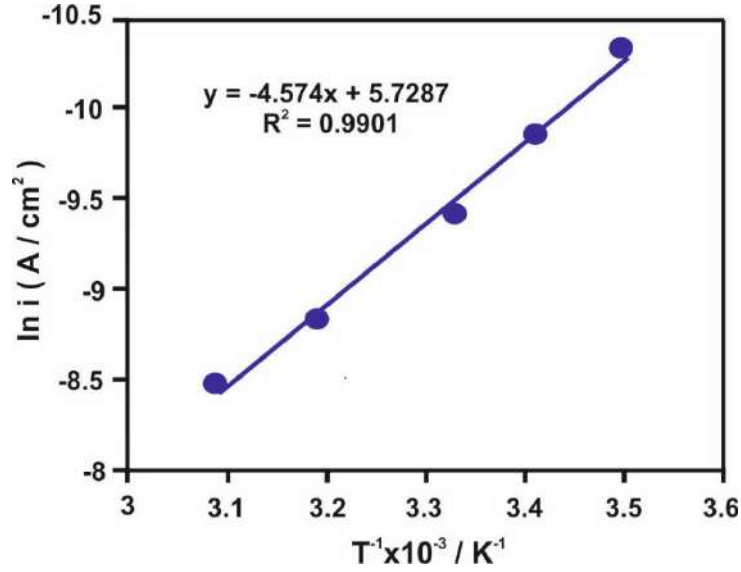
Şekil 3. Polipirol elektrotun MeOH / 0,1 M LiClO₄ / 15 mM H₂SO₄ (—) ve CO₂ ile doyurulmuş MeOH / 0,1 M LiClO₄ / 15 mM H₂SO₄ (----) içerisinde alınan dönüşümlü voltamogramı. $v : 10 \text{ mV s}^{-1}$

Şekil 3'teki voltamogram incelendiğinde, CO₂ içermeyen çözelti ortamında negatif yönde yapılan taramada -0,7 V' ta kadar katodik yönde bir akım değişimi olmazken CO₂ ile doyurulmuş olan çözelti ortamında -0,55 V' tan sonra katodik yönde yaklaşık olarak 10 katlık akım artışının olduğu görülmektedir. Bu akım artışının, polipirol elektrot üzerinde meydana gelen CO₂ indirgenmesine ait olduğu düşünülmektedir.

2.3. Aktivasyon Enerjisi

Polipirol elektrot üzerinde gerçekleşen CO₂ indirgenme reaksiyonunun aktivasyon enerjisini belirleyebilmek için farklı sıcaklıklarda potansiyodinamik polarizasyon eğrileri çizilmiş ve sıcaklık ile akım şiddeti arasındaki ilişkiden aktivasyon enerjisi hesaplanmıştır.

Aktivasyon enerjisini belirleyebilmek için farklı sıcaklıklarda elde edilen -0,5 ; -0,7 V aralığında hesaplanan katodik akım şiddetinin logaritması $1/T$ 'ye karşı grafiğe geçirilmiş (Şekil 4) ve doğrunun eğiminden aktivasyon enerjisi hesaplanmıştır



Şekil 4. Polipirol elektrotun farklı sıcaklıklarda (10 °C, 20 °C, 30 °C, 40 °C, 50 °C) belirlenmiş katodik akım yoğunluğu değerlerinin sıcaklığa karşı çizilen grafiği v: 10 mV s⁻¹

Yapılan hesaplamalar sonucunda CO₂ hidrojenasyonun aktivasyon enerjisi 38,02 kJ/mol olarak belirlenmiştir.

3. Elektroliz Sonuçları

Karbondiyoksit molekülünün MeOH + 0,1 M LiClO₄ + 15 mM H₂SO₄ içerisindeki elektrokimyasal indirgenmesi sonucu oluşan ürün (formik asit) miktarı üzerine potansiyel ve elektroliz süresinin etkisini incelemiştir. Farklı potansiyel ve sürelerde gerçekleştirilen elektrolizler sonucunda elde edilen formik asidin faradaik verimi Tablo 1 ve Tablo 2'de görülmektedir.

Tablo 1. Polipirol elektrotta 1 saatlik elektroliz süresince oluşan formik asit miktarının potansiyele bağlı olarak değişimi.

<i>Potansiyel (dk)</i>	<i>Q (C)</i>	<i>HCOOH (η, %)</i>
-0,5	0,78	66
-0,55	2,3	69
-0,6	5,0	57
-0,65	5,7	53
-0,7	8,6	40

Tablo 2. Polipirol elektrot üzerinde -0,55 V’ ta (Ag/AgCl) CO₂ indirgenmesiyle oluşan formik asit miktarının elektroliz süresine bağlı olarak değişimi.

<i>Süre (dk)</i>	<i>Q (C)</i>	<i>HCOOH (η, %)</i>
30	1,28	92
45	1,75	78
60	2,3	69
90	3,4	54
120	4,4	45

Yapılan elektroliz işlemleri sonucunda, formik asit için en yüksek faradaik verimin -0,55 V’ ta 30 dk elektrolizler (% 92) sonucunda elde edildiği belirlenmiştir(Tablo 2).

Laboratuvarımızda yapılan bir çalışmada, Pt destekli polipirol (Pt/PPy) elektrot üzerinde CO₂’in elektrokimyasal indirgenmesi incelenmiştir (Aydın ve Köleli 2004). Bu çalışma sonucunda, Pt/PPy elektrot için elde edilen 1 saatlik elektroliz sonuçları PPy elektrotla kıyaslanmıştır (Tablo 3).

Tablo 3. Pt/PPy ve PPy elektrotlarda 1 saatlik elektrolizler sonucu oluşan formik asit miktarlarının karşılaştırılması.

<i>Elektrot</i>	<i>Potansiyel (V, Ag/AgCl)</i>	<i>Ürün</i>	<i>HCOOH (η, %)</i>
Pt/PPy	-0,4	Formik asit	%41,3 (Aydın ve Köleli 2004)
PPy	-0,55	Formik asit	%69 (mevcut çalışma)

Bu sonuçlar doğrultusunda, Pt desteği olmayan polipirol elektrotun karbondioksit indirgenmesinde aktif olduğu görülmüştür. PPy üzerinde karbondioksitin indirgenmesi sonucu oluşan formik asit miktarının Pt destekli polipirole göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda, bir saatlik elektroliz sonucunda elde edilen formik aside ait faradaik verim Pt/PPy elektrotta %41,3 iken, PPy elektrotta %69 olmaktadır.

4. Karbondioksitin Elektrokimyasal İndirgenme Mekanizması

İncelmeler sonucunda, ortamda bulunan H⁺ iyonlarının polipirol elektrot yüzeyinde elektron alarak H_{ad} oluşturduğu ve ortamda çözülmüş olan CO₂ moleküllerinin polimer yüzeyinde

meydana gelen H_{ad} ile etkileşerek ürün oluşumuna gittiği düşünülmektedir. Bu bağlamda, CO_2 molekülün susuz ortamda polipirol elektrot üzerinde elektrokimyasal indirgenmesine ait bir mekanizma önerilmiştir [Tepkime 4.1, 4.2, 4.3, 4.4].



ya da



SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada $FeCl_3$, I_2 ve etanol çözelti ortamında destek materyali içermeyen polipirol sentezlenmiş ve elektrot haline getirilmiştir. Polipirolün fiziksel, kimyasal ve elektrokimyasal özellikleri taramalı elektron mikroskopu (SEM), Four-probe ve dönüşümlü voltametri tekniği ile incelenmiştir. İncelemeler sonucunda polipirol elektrotun, tanecik boyutunun 30-90 nm aralığında değiştiği gözlemlenmiş ve iletkenliği $6,2 \times 10^{-2} \pm 0,0004$ S/cm olarak ölçülmüştür. Destek materyalsiz polipirol elektrot üzerinde gerçekleştirilen CO_2 indirgenmesinde formik asit için maksimum faradaik verim -0.55 V (Ag/AgCl) 30 dk'da %92 olarak belirlenmiştir.

Bu veriler ışığında, elektrokimyasal reaksiyonlarda kullanılan polipirolün, yüzeyinde H_{ad} oluşumu gerçekleştirerek CO_2 indirgenme reaksiyonunun hidrojenasyon üzerinden yürümesini katkı sağladığı belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

Aydın R, Köleli F (2002) Electrochemical reduction of CO_2 on a polyaniline electrode under ambient conditions and at high pressure in methanol. Journal of Electroanalytical Chemistry, 535, 107–112

Aydın R, Köleli F (2004) Electrocatalytic conversion of CO_2 on a polypyrrole electrode under high pressure in methanol. Synthetic Metals, 144, 75–80.

Aydın R, Köleli F (2006) Hydrogen evolution on conducting polymer electrodes in acidic media. Progress in Organic Coatings, 56, 76–80.

Çirimi D, Aydın R, Köleli F (2015) The electrochemical reduction of nitrate ion on polypyrrole coated copper electrode. Journal of Electroanalytical Chemistry, 736, 101–106.

Kayan D B, Köleli F (2015) Dinitrogen reduction on a polypyrrole coated Pt electrode under high-pressure conditions: electrochemical impedance spectroscopy studies. Turkish Journal of Chemistry, doi:10.3906/kim-1501-80.

Liyun Z, Wen S, Bingsen Z (2017) A review of electrocatalyst characterization by transmission electron microscopy. Journal of Energy Chemistry, 26, 1117–1135.

Surya P, Palale S, Federico V, George A O (2008) Novel single step electrochemical route to MnO₂ nanoparticle-coated polyaniline nanofibers: Thermal stability and formic acid oxidation on the resulting nanocomposites. Journal of Power Sources, 181, 79–84.

Tammam R. H, Saleh M M (2014) Electrocatalytic oxidation of formic acid on nano/micro fibers of poly(p-anisidine) modified platinum electrode. Journal of Power Sources, 246, 178-183.

Yao Z, Yan J, Yihan Z, Lu H L (2014) Hydrogen evolution by a metal-free electrocatalyst. Nature Communications, DOI: 10.1038/ncomms4783

Zexing W, Min S, Jie W, Xien L (2018) Recent Progress in Nitrogen-Doped Metal-Free Electrocatalysts for Oxygen Reduction Reaction. Catalysts, 8, (5), 196.

KURŞUN İÇERMEYEN BNBT6 PİEZOELEKTRİK SERAMİKLERE Fe₂O₃ İLAVESİNİN ETKİSİ

Tolunay MİDİLLİ¹

Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr. Uğur ŞEN²

Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Günümüzde, en çok kullanılan piezoelektrik seramikler kurşun (Pb) içeren perovskit tabanlı ferroelektrik seramiklerdir. Bu malzemeler imalat kolaylığı, düşük maliyet ve üstün elektriksel özellikler gibi avantajlar sunmaktadırlar. Sağladıkları bu avantajlar göz önünde bulundurulduğunda kullanımı, her geçen gün artmaktadır. En önemli bileşiklerinden olan Kurşun Zirkonat Titanat (PZT)' a artan taleple, kurşunun da çevreye olan salınımında artış meydana gelmiştir. Fakat bilindiği üzere kurşun, insan böbreklerine, beyne ve sinir sistemine zarar verebilecek toksik bir maddedir. Bu sebeple günümüzde Birleşmiş Milletler, birçok ürünün üretiminde kullanılan kurşun içeren malzemelerin kullanımını yasaklayan yasalar çıkartmıştır. 2003 yılında Avrupa Birliği, piezoelektrik seramik grubundaki en önemli bileşik olan Kurşun Zirkonat Titanat (PZT)' ı daha güvenli alternatifler ile değiştirilmesi gereken tehlikeli bir malzeme olarak tanımlamıştır. Bunu takiben Çin, Japonya ve Güney Kore gibi Asya ülkeleri de kurşun içeren malzemelerin kullanımının azaltılması ve alternatif malzemelerin bulunması yönünde hem fikir olmuşlar, bununla ilgili yasalar çıkartmışlardır. Alternatif çalışmalar sonucunda $(K_{0,5}Na_{0,5})NbO_3$ (KNN) ve $(Bi_{0,5}Na_{0,5})TiO_3$ (BNT) gibi malzemeler keşfedilmiştir. Yaptığımız bu bildiri çalışmasında kurşun içermeyen seramikler grubunda bulunan $(Bi_{0,5}Na_{0,5})_{1-x}Ba_xTiO_3$ (BNBT100x – 2F) $x = 0,06$ piezoelektrik seramiğe Fe₂O₃ katkısının faz dağılımına ve mikroyapıya olan etkileri araştırılmıştır. Çalışmada sırasıyla sitokiyometrik olarak belirlenen tozlar karıştırılıp, kurutulmuş ardından kalsinasyon işlemine tabi tutulmuşlardır. Kalsine edilen tozlar tekrardan öğütülerek elenmişlerdir. Elde edilen tozlar granüle edilip 100 MPa basınç ile soğuk preslenmiştir. Pelet olarak hazırlanan numuneler 1150 C° açık atmosferde sinterlenmiştir. BNBT6 piezoelektrik seramikte oluşan fazlar X-Işını Difraktometresi (XRD) analizi ile incelenmiştir. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak tane morfolojileri incelenmiştir. Molekül veya bileşik yapısında bulunan bağların incelenmesi için Fourier Dönüşümlü Kızıl Ötesi (FT-IR) analizi yapılmıştır. Çalışmanın sonuç kısmında uygulamaya dair elde edilen veriler değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Piezoelektrik, BNBT6, Perovskit, Dielektrik

ABSTRACT

Today, the most widely used piezoelectric ceramics are perovskite based ferroelectric ceramics containing lead (Pb). They offer advantages such as manufacturing fabrication, low cost and superior electrical properties. Hiding in mind these advantages they provide, it is increasing day by day. Lead Zirconate Titanate (PZT), one of the most important compounds, is increasing with increasing demand and the release of lead to the environment. However, a known lead is a toxic substance that can damage human kidneys, brain and nerves. For this reason, today, the United Nations, promulgated in the treatment of lead-containing materials, laws prohibiting prohibited materials were passed. In 2003, the European Union identified a hazardous material related to safer alternatives to Lead Zirconate Titanate (PZT), the most important compound in the piezoelectric ceramic group. Subsequently, they agreed to reduce the use of unleaded materials and to protect alternative materials in the Asian regions such as China, Japan and South Korea. Alternative filtration has been discovered such as $(K_{0,5}Na_{0,5})NbO_3$ (KNN) ve $(Bi_{0,5}Na_{0,5})TiO_3$ (BNT). The piezoelectric ceramic $(Bi_{0,5}Na_{0,5})_{1-x}Ba_xTiO_3$ (BNBT100x – 2F) $x = 0,06$ was distributed to the phase distribution and microstructure. In the study, the stoichiometric powders were in order to mixed, dried and tehy calcinated. The calcined powders were again milled and sieved. The powders obtained were granulated and cold pressed with a pressure of 100 MPa. 1150 sintered in an open atmosphere. The phases formed in BNBT6 piezoelectric ceramic were analyzed by X-Ray Diffractometer (XRD) analysis. Scanning electron microscopy (SEM) Grain morphology was examined on the Internet. Fourier Transform Infrared (FT-IR) analysis is done. The result of the study was obtained regarding the result analysis.

Keywords: Piezoelectric, BNBT6, Perovskite, Dielectric

GİRİŞ

Son yıllarda, elektronik endüstrisinde çevre dostu malzemelere olan talebin artması, araştırmacıların kurşun-zirkonat-titanat (PZT) bazlı seramiklerin yerine kurşunsuz piezoelektrik seramiklere olan ilgiyi arttırmış ve bu malzemelerin gelişimine olanak sağlamıştır[1]. Çevreye duyarlı kurşunsuz seramiklerden, bizmut-sodyum-titanat (BNT), göstermiş olduğu üstün elektiriksel özellikleri ile gelecek vadeden malzemeler olmuştur [2]. BNT seramikler ilk olarak Smolenskii tarafından 1961 yılında duyurulmuştur[3] Daha sonrasında araştırmacılar bu üstün özelliklere sahip kurşunsuz piezoelektrik seramiğe katkı yaparak elektriksel özelliklerinin geliştirilmesi için çalışmalar yapmışlardır [4-11]. Perovskite yapıya sahip olan bu seramikler birden fazla katyon tipine sahiptir. A ve B olarak birden fazla katyon içeren bu yapının kimyasal formülü ABO_3 ' dür [12]. Elde edilen sonuçlarda bu yapıya sahip BNT seramiklerin elektriksel özelliklerini A-site iyonlarının Ba, La, K gibi daha olumlu etkilediği, B-site iyonlarının Ti, Nb, Fe, Zr gibi daha sınırlı etki ettiğini ortaya çıkarmışlardır [3].

Bu çalışmada, Fe₂O₃ katkılı (Bi_{0.5}Na_{0.5})_{0.94}Ba_{0.06}TiO₃ + xFe₂O₃ (BNBT-xFe₂O₃, x=0,02 ağırlık%) seramiğin yapısal ve dielektrik özellikleri incelenmiştir

DENEYSEL

BNBT6 seramiklere Fe₂O₃ katkısının özellikleri üzerine etkisini araştırmak amacıyla, katı hal sinterleme tekniği kullanılarak üretilmiştir. Bu amaçla yüksek saflıkta BaCO₃ (1 µm, ≥ 99.9%), TiO₂ (0.5 µm, ≥99.9%), 99.9% ve NaCO₃ (0.5 µm, ≥99.5%) Bi₂O₃ (abc GmbH; saflık ≥99.9%) ve Fe₂O₃ (1 µm≥96%) tozları kullanılmıştır. Toz karışımı:etil alkol:ziryon (ZrO₂) bilye hacimce 1:2:3 oranlarında olacak şekilde Nalgene kap içerisine yerleştirilerek 24 saat süreyle 200 devir/dakika hızda yaş öğütme işlemine tabi tutulmuşlardır. Bilyelerden arındırılan toz karışımı kurutulmak üzere 24 saat 80°C sıcaklıkta etüvde kurulmuştur. Kurutulmuş tozlar 850°C sıcaklıkta kalsinasyon işlemine tabi tutulmuştur. Kalsine edilen tozların aglomere olmaları sebebiyle Agat' ta kaba öğütme işlemine tabi tutulmuşlardır. Öğütülen tozlar 1% polivinil alkol (PVA) ilavesi yapılarak karıştırılmış ve numuneler 15 mm çapında 2 mm yüksekliğinde tek eksenli preste 100 MPa basınç altında preslenerek üretilmiştir. Üretilen ham numuneler öncelikle 650°C sıcaklıkta 2 saat bekletildikten sonra 1150 °C sıcaklıkta 2 saat süreyle sinterlenmiş ve fırında soğutmaya bırakılmıştır. Üretilen numunelerde oluşan fazların ve kristal yapıların tespitinde Fourier dönüşümlü kızılötesi spektrometresi (FTIR) ve Rigaku D/MAX/2200/PC cihazı ile X-ışınları difraksiyon (XRD) analizi gerçekleştirilmiştir. X-ışınları analizinde 2θ açısı 10° ile 90° dereceleri arasında olacak şekilde CuKα (λ= 1.5408 Å) karakteristik X-ışını kullanılmıştır. Numunelerin relatif yoğunluklarının ve porozite miktarının tespitinde Archimedes metodu kullanılmıştır. Ayrıca su emme miktarının tespiti için laboratuvar koşullarında vakum testi (ISO 10545-3) uygulanmıştır.

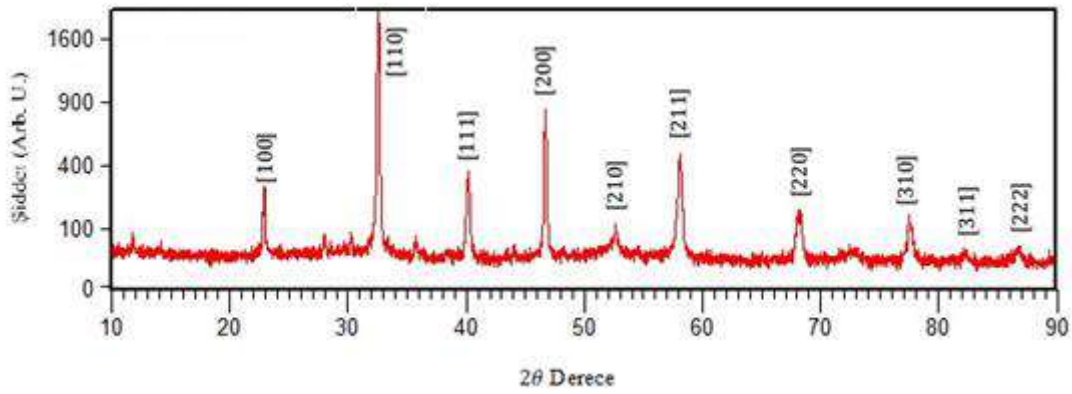
Üretilen numuneleri dielektrik sabitlerini ve dielektrik kayıplarını incelemek için üretilen numunelerin her iki yüzeyi de öncelikle gümüş pasta ile kaplanmıştır. Frekansın bir fonksiyonu olarak, yüksek frekanslı bir LCR metre yardımıyla (Hioki 3532-50) ölçülen kapasitans değerinden dielektrik sabitinin değeri hesaplanmıştır. Kapasitans ölçümü için öncelikle numunelerin kalınlıkları ve çapları mikrometre vasıtasıyla ölçülmüştür. Kapasitans ölçümleri 1kHz ile 1MHz arasında oda sıcaklığında tespit edilmiştir. Test düzeneğinden kaynaklanacak parazit etkisini kaldırmak için test öncesi açık ve kısa kalibrasyon işlemi uygulanmıştır. Dielektrik sabiti (κ) diskin geometrik alanı ve kalınlığı ölçülerek hesaplanmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

XRD Bulguları

1150 °C' de 2 saat sinterlenmiş olan numunede perovskit yapının elde edildiği Şekil 1'de görülmektedir. 39°-40.5° deki [111] piki ile 45.5°-47° deki [200] piklerine bakıldığında tepe

noktalarının ayrılmadığı görülmüştür. Böylelikle yapının neredeyse kübik olduğu görülmektedir. Cheng Wang ve ark. yapmış oldukları çalışmada elde ettikleri sonuçlar bulguyu destekler niteliktedir [13]. Maan-Soon Yoon ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada BNBT6 seramiklerini katkısız olarak 2 farklı metod ile üretmişlerdir. İlk metod tozlara bir ön sentez işlemi uygulamak ve ikincisi ise geleneksel yöntemler kullanılarak üretmek olmuştur. Çalışmanın sonucunda iki yöntem içinde ikincil bir faz görülmeden perovskit yapıyı elde etmişlerdir [14]. Jigong Hao ve arkadaşları benzer katkılarda bulunmuş ve 39° - 40.5° deki [111] piki ile 45.5° - 47° deki [200] piklerine bakıldığında tepe noktalarının ayrılmadığı görülmüş ve perovskit yapıyı elde etmişlerdir [1].

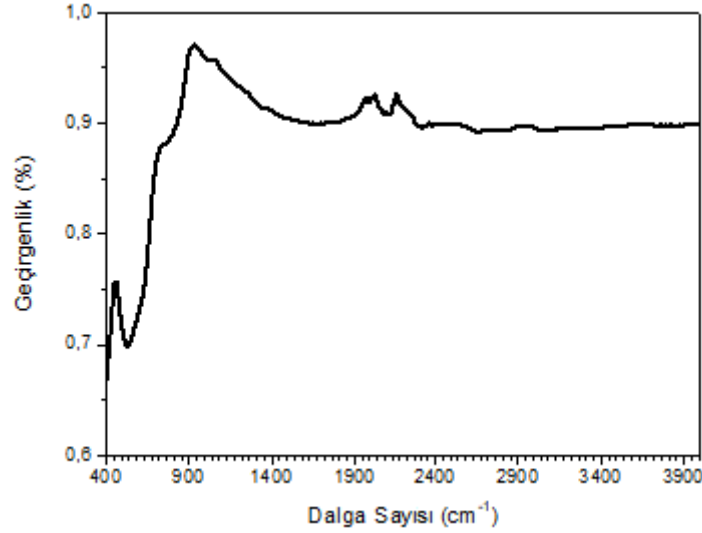


Şekil 1. Sinterlenmiş numunelere ait XRD paternleri

FT-IR Bulguları

Sitokiyometrik olarak karıştırılıp hazırlanan, daha sonra 1150°C 'de sinterlenen numuneler için 400 ile 4000 cm^{-1} aralığında FT-IR analizi yapılmıştır. Şekil 2.' de belirtildiği üzere 500 ile 1000 cm^{-1} arasında görülen pik asimetric titreşim bandı gösteren bir titreşim modeline sahip olduğunu göstermektedir. Asimetric bant, perovskit yapıdaki oktahedral BO_6 gruplarının gerilme titreşimi ile açıklanabilmektedir. C eksenini boyunca $\text{B} = \text{O}$ bağlarının uzunluğunda bir değişiklik oluşturmaktadır. [15].

530 cm^{-1} gözlenen bant, Ti-O titreşimlerine işaret etmektedir ve BaTiO_3 seramiklerinin karakteristik bandıdır [3]. 650 cm^{-1} deki absorpsiyon bandı TiO_6 oktahedra yapılarının titreşimini işaret etmekte ve Ti-O-Ti titreşimlerine atfedilmektedir [3]. 650 cm^{-1} ve 840 cm^{-1} bantları, $[\text{BiO}_3]$ ve $[\text{BiO}_6]$ polihedra'larında Bi-O bağlarının eğilme titreşimini işaret etmektedir [16].



Şekil 2. Fe₂O₃ katkılı BNBT6 seramiğine FT-IR spekturumu

Arşimet Yoğunluk Bulguları

Sinterlenmiş numunler üzerinde yapılan yoğunluk hesaplamalarında teorik yoğunluk değeri 5,97 g/cm³ olarak alınmıştır [17]. Tablo 1’ de farklı katkıların yoğunluklara olan etkileri görülmektedir. Man-Soon Yoon ve ark. yapmış oldukları çalışmalarda katkısız BNBT6 bileşiğine ait yoğunluk değerlerini tespit etmişlerdir [14]. Bu çalışmalara göre yapılan katkıların yoğunluğu azalttığı söylenebilir.

Tablo 1. Fe₂O₃ katkılı BNBT6 seramiğine yoğunluk analizi

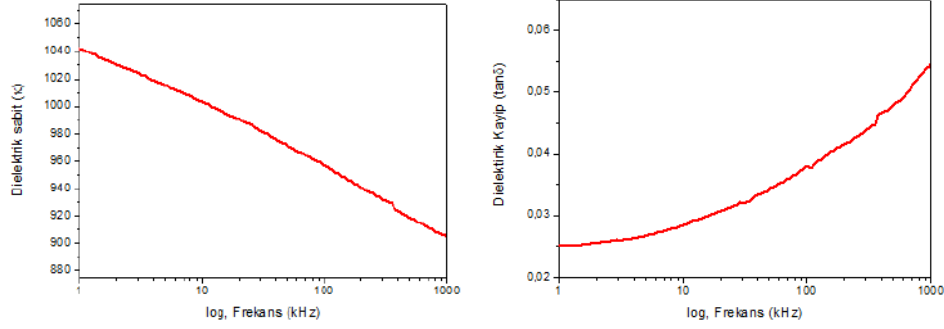
Bileşimler	Bulk yoğunluk(g/cm ³)	Görelî yoğunluk (%)	Su emme (%)
BNBT6 + Fe ₂ O ₃	5,594	93,702	0,011

Dielektrik Özellik Bulguları

1150 °C’ de 2 saat sinterlenmiş olan tüm bileşimler için sonuçlar tablo 2 de belirtilmiştir. Dielektrik kayıp (tanδ) 1 kHz deki değeri olarak alınmıştır. Şekil 3.’ de belirtilmiştir. Maan-Soon Yoon ve ark yapmış oldukları çalışmada BNBT6 seramikleri katkısız olarak çalışmış olup dielektrik katsayı değerini ön işlem görmüş tozlar ile üretilen için 833.21 bulurken, geleneksel yolla ürettiklerinde bu değeri 671,52 olarak tespit edilmiştir. Kullanılan katkıların dielektrik sabitini arttırdığı bu çalışmalar dikkate alındığında görülmektedir.

Tablo 2. Fe₂O₃ katkılı BNBT6 seramiğin dielektrik özellikleri

Bileşim	κ (1kHz)	κ (10kHz)	κ (100kHz)	κ (1000kHz)	tanδ (%)
BNBT6 + Fe ₂ O ₃	1041,93	1002,18	956,1	904,90	2,5



Şekil 3. Fe₂O₃ katkılı BNBT6 seramiğine Dielektrik kayıp ve dielektrik sabit grafikleri

SONUÇLAR

BNBT6 seramiklere Fe₂O₃ katkısı yapıldığında perovskit yapısı başarıyla elde edilmiş ve bu FTIR ve XRD analizleri ile desteklenmiştir. Ayrıca, üretilen numunelerin dielektrik sabitleri yapılan önceki çalışmalarla değerlendirildiğinde Fe₂O₃ katkısı dielektrik sabitini de artırmıştır. Elde edilen numunelerin yoğunluk değerleri genel olarak %90 dan yüksek çıkmıştır yani, porozite çok düşük seviyelerdedir.

KAYNAKÇA

- [1] Jigong Hao, Zhijun Xu, Ruiqing Chu, Wei Li, Peng Fu, Juan Du, Journal of Alloys and Compounds 677 (2016) 96-104
- [2] Tao Chen, Hongli Wang, Ting Zhang, Guangchang Wang, Jifang Zhou, Jianwei Zhang, Yuhong Liu, Ceramics International 40 (2014) 2959–2963
- [3] Ch. Sameera Devi, G.S. Kumar, G. Prasad, Materials Science and Engineering B 178 (2013) 283–292
- [4] Rui-yi Jing, Xiao-ming Chen, Han-li Lian, Xiao-shuang Qiao, Xiao-jing Shaob, Jian-ping Zhou, Journal of the European Ceramic Society 38 (2018) 3111–3117
- [5] Tao Chen, Hongli Wang, Ting Zhang, Guangchang Wang, Jifang Zhou, Jianwei Zhang, Yuhong Liu, Ceramics International 40 (2014) 2959–2963
- [6] Bao-Jin Chu*, Da-Ren Chen, Guo-Rong Li, Qing-Rui Yin, Journal of the European Ceramic Society 22 (2002) 2115–2121
- [7] Yangyang Zhao, Jiwen Xu, Changron Zhou, Changlai Yuan, Qingning Lia, Guohua Chen, Hua Wang, Ling Yang Ceramics International 42 (2016) 2221–2226
- [8] Chen Zhi-hui, Ding Jian-ning, Mei Lin, Yuan Ning-yi, Zhu Yuan-yuan, Journal of Alloys and Compounds 509 (2011) 482–485
- [9] Peng Fu, Zhijun Xu, Ruiqing Chu, Wei Li, Guozhong Zang, Jigong Hao, Materials Chemistry and Physics 124 (2010) 1065–1070
- [10] Haimin Ni, Laihui Luo, Weiping Li, Yuejin Zhu, Haosu Luo, Journal of Alloys and Compounds 509 (2011) 3958–3962
- [11] Peng Fu, Zhijun Xu, Ruiqing Chu, Xueyan Wu, Wei Li, Xiaodong Li, Materials and Design 46 (2013) 322–327

- [12] William D. Callister, Jr., David G. Rethwisch, Materials Science and Engineering An Introduction, Eighth edition, 2010
- [13] Cheng Wang, Tiandong Xia, Xiaojie Lou, Ceramics International 44 (2018) 22053–22058
- [14] Man-Soon Yoon, Neamul Hayet Khansur, Byung-Ki Choi, Young-Geun Lee, Soon-Chul Ur, Ceramics International 35 (2009) 3027–3036
- [15] M.V. Madhava Rao, Chen-Feng Kao, Physica B 403 (2008) 3596– 3598
- [16] S. Shanmuga Sundari, BinayKumar, R.Dhanasekaran, Ceramics International 39 (2013) 555–561
- [17] D.Gangadharudu, Venkateswara Rao, Y. N. Ch. Ravi Babu, Jhansi Lakshmi, International Journal of Advanced Research in Physical Science, Volume 3, Issue 4, 2016, PP 24-34

RELATIONSHIP BETWEEN COMPRESSIVE STRENGTH AND UPV OF GGBFS-BASED GEOPOLYMER CONCRETE CONTAINING RCA

Özge TOPAL

Inonu University, Engineering Faculty, Civil Engineering Department

Ayşe İlayda UĞURLU

Inonu University, Engineering Faculty, Civil Engineering Department

Prof. Dr. Mehmet Burhan KARAKOÇ

Inonu University, Engineering Faculty, Civil Engineering Department

Res. Asst. Ahmet ÖZCAN

Kütahya Dumlupınar University, Engineering Faculty, Civil Engineering Department

ABSTRACT

The studies on recycling of waste materials are increasing day by day. These waste materials are used as both binding material and aggregate in concrete production. In this study, ground granulated blast furnace slag (GGBFS) based geopolymer concretes were produced. 0, 50 and 100% recycled concrete aggregate (RCA) instead of river aggregate was used as aggregate in geopolymer concrete mixtures. Sodium hydroxide and sodium silicate were used as alkali activators in the mixtures. Samples of $50 \times 50 \times 50 \text{ mm}^3$ dimensions were applied $80 \text{ }^\circ\text{C}$ heat curing (wrapped in aluminum foil) for 1 day and $23 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ water curing for 27 days. Ultrasonic pulse velocity (UPV) and compressive strength values of 3, 7 and 28 days samples were measured and the relationship between these values was investigated. The highest compressive strength and UPV values were obtained in RCA-free geopolymer concrete sample. As the RCA ratio in the geopolymer concrete mixture increased, both the compressive strength and UPV values of the samples decreased. The compressive strength of 28 days geopolymer concrete containing 100% RCA was about 7% lower than the control sample. UPV value was about 3% less. There was an exponential relationship between the compressive strength and UPV values of the samples and the correlation coefficient of this relationship was 0.96.

Keywords: Geopolymer Concrete, Ground Granulated Blast Furnace Slag, Recycled Concrete Aggregate, Compressive Strength, Ultrasonic Pulse Velocity

INTRODUCTION

Geopolymer binders are formed by reaction of materials with high alumino-silicate content and alkali activators. Industrial wastes such as blast furnace slag, fly ash and silica fume are widely used as alumino-silicate source due to their easy availability and low cost. Geopolymer binders have the ability to reduce the amount of CO_2 emitted to the environment

by approximately 80% compared to Portland cement with the use of other industrial wastes (Castel and Foster, 2015).

Due to the decrease in the usable aggregate resources, the deterioration of the natural environment, the problem of environmental pollution and the high costs of usable aggregates, the construction sector is looking for different solutions. In this context, the use of waste concrete as a crushed and recycled concrete aggregate is important both in terms of reducing environmental pollution and contributing to the national economy (Demirel and Şimşek, 2014). Recycled concrete aggregate (RCA) contain the previous mortar and thus it have very different properties than natural aggregates. For example; these aggregates are more porous, have a higher water absorption coefficient and contain hydrates. Concretes containing RCA generally have two interface transition area. Because RCA has interface areas between the mortar and the original aggregate. These interface transition areas are known as mechanically weak areas (Behera et al., 2014). RCA can be used partially or completely to replace natural aggregate. However, RCA has higher water absorption than natural aggregate. At the same time, the strength of RCA is lower. Because the strength of hardened mortar is less than aggregate (Koushkbaghi et al., 2019).

In this study, ground granulated blast furnace slag (GGBFS) based geopolymer concrete was produced. 0, 50 and 100% RCA instead of river aggregate was used as aggregate in geopolymer concrete mixtures. Ultrasonic pulse velocity (UPV) and compressive strength values of 3, 7 and 28 days samples were measured. The compressive strengths and UPV of these samples were examined and the relationship between them was determined.

MATERIAL AND METHOD

GGBFS was used as source material, NaOH and Na₂SiO₃ were used as alkali activator in the production of geopolymer concrete. The flow chart of the production and curing stages of GGBFS based geopolymer concretes is given in Figure 1. Geopolymer concrete mixing ratios are given in Table 1.

Table 1. Geopolymer concrete mixing ratios

		BR0	BR2	BR4
GGBFS		1.00	1.00	1.00
Alkali activator		0.67	0.67	0.67
River Aggregate	0-4 mm	2.38	1.19	-
	4-8 mm	1.69	0.85	-
RCA	0-4 mm	-	1.12	2.24
	4-8 mm	-	0.81	1.62

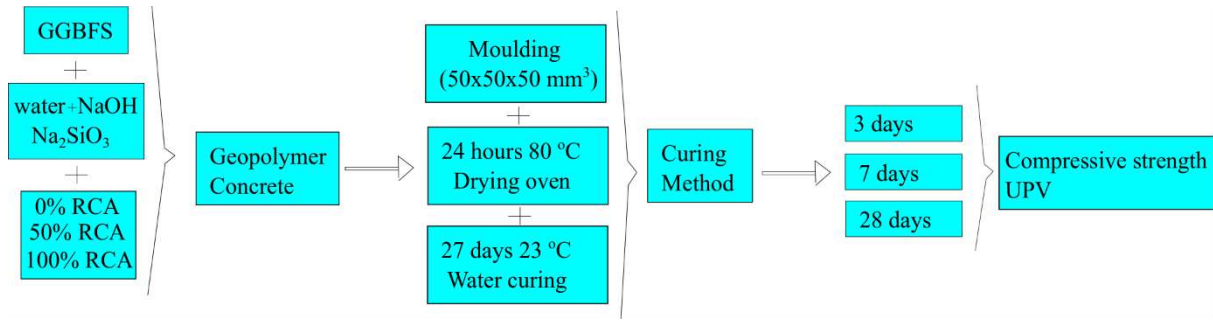


Figure 1. Flow chart of production and curing of geopolymer concrete

The UPV and compressive strengths of the samples after 3, 7 and 28 days were measured according to ASTM C 597 and ASTM C39/C39M, respectively. Three samples were used for each measurement and the arithmetic mean of these measurements was taken. The results were compared with the BR0 coded control sample.

RESEARCH AND FINDINGS

The compressive strength and UPV values of the samples at 3, 7 and 28 days are given in Table 2. These values are shown graphically in Figures 2-3. The highest compressive strength (76.23 MPa) and UPV (4603 m/s) values were obtained in 28 days BR0 coded sample. The lowest compressive strength (71.05 MPa) and UPV (4454 m/s) values were obtained in 28 days BR4 coded sample. As the RCA ratio increased in the geopolymer concrete mixture, the compressive strength and UPV values of the samples decreased.

Table 2. Compressive strength and UPV values of geopolymer concretes

Samples code		Days		
		3	7	28
BR0	<i>Comp. Str. (MPa)</i>	51.07	61.75	76.23
	<i>UPV (m/s)</i>	3923	4163	4603
BR2	<i>Comp. Str. (MPa)</i>	49.48	60.64	74.41
	<i>UPV (m/s)</i>	3757	4148	4574
BR4	<i>Comp. Str. (MPa)</i>	48.92	57.34	71.05
	<i>UPV (m/s)</i>	3695	4094	4454

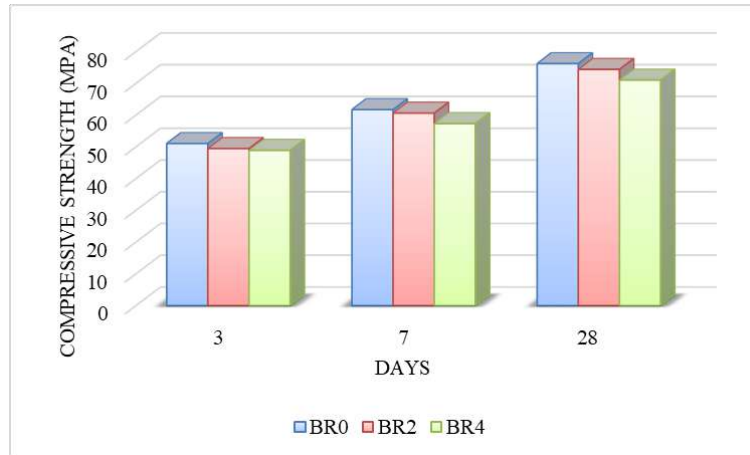


Figure 2. Compressive strength values of the samples

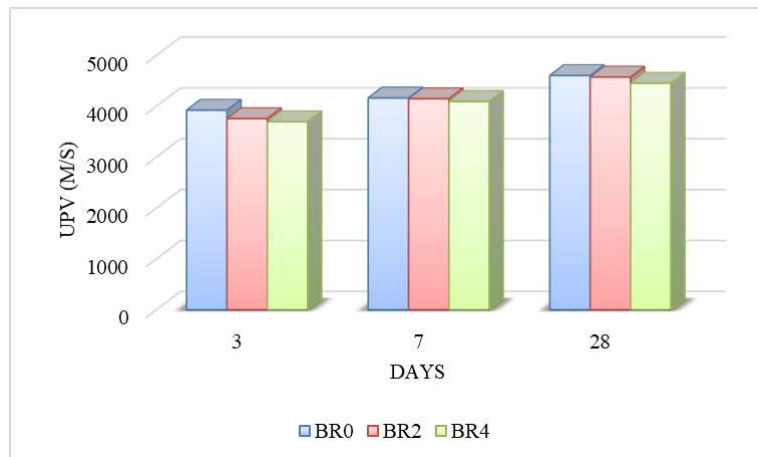


Figure 3. UPV values of the samples

There was an exponential relationship between the compressive strength and UPV values of the samples. This relationship is given in Figure 4. Its value is 0.96.

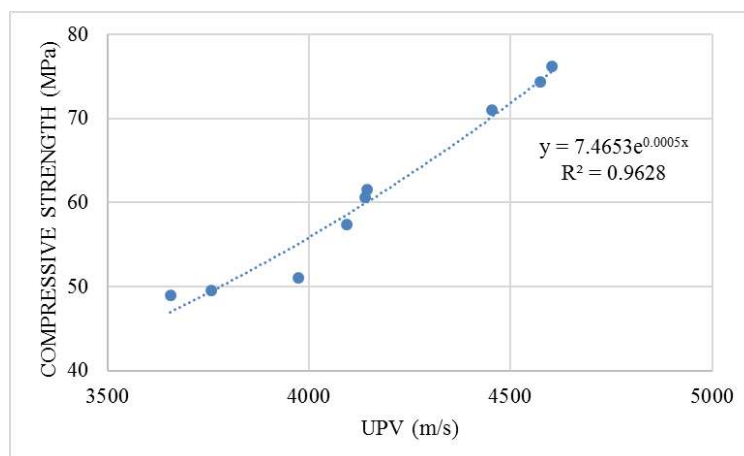


Figure 4. Relationship between compressive strength and UPV

Nuaklong et al., (2016) stated that RCA reduced the compressive strength of geopolymer concrete by 7-24%. Junak and Sicakova (2018) reported that the use of RCA as coarse aggregate in concrete reduced compressive strength. Similarly, in this study, the compressive strength of geopolymer concrete decreased with increasing RCA ratio.

CONCLUSION

When the results were examined, the compressive strength of 28 days geopolymer concrete containing 100% RCA was about 7% lower than the control sample. UPV value was about 3% less. Correlation coefficient of the relationship between the compressive strength and UPV values of the samples was 0.96.

Acknowledgment: This study was supported by Inonu University Scientific Research Projects Unit (Project number: FYL-2018-1575).

REFERENCES

- ASTM C39/C39M (2018). Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens. ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM C597 (2016). Standard test method for pulse velocity through concrete. ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Behera, M., Bhattacharyya, S.K., Minocha, A.K., Deoliya, R., Maiti, S. (2014). Recycled aggregate from C&D waste & its use in concrete – A breakthrough towards sustainability in construction sector: A review, *Construction and Building Materials*, 68, 501-516.
- Castel, A., Foster, S.J. (2015). Bond strength between blended slag and Class F fly ash geopolymer concrete with steel reinforcement, *Cement and Concrete Research*, 72, 48-53.
- Demirel, C., Şimşek, O. (2014). Using C30 class waste concrete as recycling aggregate in concrete production, *Selcuk Univ. J. Eng. Sci. Tech.*, v.2, n.2, 45-54.
- Junak, J., Sicakova, A. (2018). Effect of surface modifications of recycled concrete aggregate on concrete properties, *Buildings*, 8(2), 1-11.
- Koushkbaghi, M., Alipour, P., Tahmouresi, B., Mohseni, E., Saradar, A., Sarker, P.K. (2019) Influence of different monomer ratios and recycled concrete aggregate on mechanical properties and durability of geopolymer concretes, *Construction and Building Materials*, 205, 519-528.
- Nuaklong, P., Sata, V., Chindaprasirt, P. (2016). Influence of recycled aggregate on fly ash geopolymer concrete properties, *Journal of Cleaner Production*, 112, 2300-2307.

YÜZEY FREZELEME İŞLEMİNDE KESME KUVVETİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ VE REGRESYON ANALİZİ İLE TAHMİNİ

Orhan OĞULGANMIŞ

Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi

Erdem ÖRS

Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi

Gülcan CİMCİMOĞLU

Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi

Doç. Dr. Hakan DİLİPAK

Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi

ÖZET

Bu çalışmada, yüzey frezeleme işleminde kesme kuvvetlerinin tahminine yönelik modeller oluşturulmuştur. Bu bağlamda iş parçası malzemesi olarak, işlenebilirliği iyi, yüzey kalitesi mükemmel, mukavemet ve aşınma direnci yüksek olan GGG50 Küresel Grafitli Dökme Demir (KGDD) seçilmiştir. Çalışma iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Öncelikle yüzey frezeleme deneyleri yapılarak kesme kuvveti değerleri elde edilmiştir. Deneylerde kesme parametreleri olarak, kesme derinliği, kesme hızı ve ilerleme oranının farklı değerleri kullanılmıştır. Toplam 18 tane deney yapılmıştır. Daha sonra elde edilen bu veriler Minitab programında çoklu regresyon analizine tabi tutularak matematiksel modeller elde edilmiştir. Regresyon analizleri birinci dereceden ve ikinci dereceden yapılmıştır. Elde edilen modeller ile deneylerde elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak modellerin güvenilirliği belirlenmiştir. Aynı zamanda varyans analizi gerçekleştirilmiş ve deneylerde kullanılan kesme parametrelerinin kesme kuvveti üzerindeki etki oranları tespit edilmiştir. Yapılan regresyon analizleri sonucunda, kesme kuvvetinin tahmini için oluşturulan ikinci dereceden modelin tahmin doğruluk oranı %99,56 olarak belirlenmiştir. Kesme kuvveti üzerinde en etkin parametre ise kesme derinliği olmuştur.

Anahtar Kelimeler: GGG50, yüzey frezeleme, kesme kuvveti, çoklu regresyon analizi, varyans analizi

ABSTRACT

In this study, mathematical models for estimating cutting forces in surface milling process are formed. In this context, GGG50 Spherical Graphite Cast Iron (KGDD) has been selected as the workpiece material with good machinability, excellent surface quality and high strength and abrasion resistance. The study was carried out in two stages. Firstly, surface milling experiments were done and cutting force values were obtained. In the experiments, different values of cutting depth, cutting speed and feed rate were used as cutting parameters. A total of 18 experiments were conducted. Then, these data were subjected to multiple linear regression analysis in Minitab program and mathematical models were obtained. Regression analyzes were performed in first order and second order. The reliability of the models was determined by comparing the obtained models with the results obtained in the experiments. At the same time, variance analysis was performed and the effect rates of the shear parameters used on the

shear force were determined. As a result of the regression analysis, the predicted accuracy rate of the second order model for the prediction of shear force was determined as 99.56%. The most effective parameter on the cutting force was the cutting depth.

Keywords: GGG50, surface milling, cutting force, regression analysis, variance analysis

1. GİRİŞ

Talaşlı imalat, günümüz teknolojisinde en çok kullanılan imalat yöntemlerinden biridir. İmalatta, ürünün düşük maliyette ve yüksek kalitede yapılabilmesi en önemli unsurlardan biridir. Kesme kuvvetleri ise ürünün maliyetinde önem oluşturan unsurlardan bir tanesidir. Bu amaçla, imalatta kesme kuvvetlerinin bilinmesi ve analiz edilmesi büyük bir öneme sahiptir.

Çok kullanılan imalat yöntemlerinden biri olan frezeleme, iki ve üç boyutlu profillerin şekillendirilmesinde kullanılmaktadır. Freze tezgâhlarında parçaların istenilen özelliklerde imal edilmesinde, kesme parametrelerinin en uygun değerlerinde belirlenmesi son derece önemlidir. Kesme hızı, kesme derinliği ve ilerleme oranı ise en önemli kesme parametrelerdir. Frezeleme işlemlerinde kesme kuvvetlerinin artması talaş kaldırmayı zorlaştırdığı gibi, iş parçasının tolerans, yüzey kalitesi gibi özelliklerini de olumsuz yönde etkilemektedir.

GGG50 küresel grafitli dökme demir, iyi işlenebilirlik, yüksek korozyon direncinin yanı sıra, dökme demir türleri içerisinde en dayanıklı ve en tok malzemedir. Dökme demirlerin işlenebilirliği, dökümün tipine ve mikro yapısına bağlıdır. Beyaz dökme demirin işlenebilirliği oldukça zor iken küresel grafitli dökme demir işlenebilirliği oldukça kolaydır. Küresel grafitli dökme demirler, özellikle otomotiv sektöründe dişliler, silindirler, akslar, krank miller, vb. parçaların imalatında kullanılmaktadır.

Kesme kuvvetleri, ısı oluşumu, takım ömrü, işlenen yüzeyin kalitesi ve iş parçasının boyutları üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Kesme kuvvetleri aynı zamanda takım tezgâhlarının, kesici takımların ve gerekli bağlama kalıplarının tasarımında da önemli bir etkidir [1,2].

Farklı özelliklerdeki iş parçalarının uygun imalat ortamlarında üretilebilmeleri için farklı özelliklere sahip kesici takımlar imal edilmektedir. Bu kesici takımların iş parçaları üzerinde uygun kesme parametrelerinde çalıştırılması son derece önemlidir. Bu amaçla birçok araştırma yapılmış olup yapılmaya da devam etmektedir. Talaşlı imalat işlemlerinde üretilen iş parçası kalitesinin artırılması ve maliyetin düşürülmesine yönelik yapılan çalışmalarda kesme kuvvetlerinin tespiti ve analiz edilmesi önemli bir yer tutmaktadır [3,4]. Dilipak ve arkadaşları, AISI D3 soğuk iş takım çeliğinin CNC dik işleme merkezinde frezelemesinde, kesici uç sayısı, kesme hızı ve ilerleme miktarının iş parçası yüzey pürüzlülüğüne olan etkisi incelenmiştir. Deneysel çalışmalar da kesme parametreleri olarak kesme hızı, ilerleme oranı ile freze başlığına 1, 2, 3 ve 6 sayıda kesici uç takılarak yapılmıştır. Çalışma sonucunda, kesici uç sayısı, kesme hızı ve ilerleme miktarı değerlerinin yüzey pürüzlülüğü üzerinde önemli etkileri olduğu belirtilmiştir [5].

Turgut ve Korkut çalışmalarında, talaşlı imalatta kesme kuvveti ölçme sistemlerini incelemişlerdir. Kuvvet ölçme sistemlerinin genel olarak iki grupta toplandığını tespit etmişlerdir. Birinci gruptaki ölçüm sistemlerinde, tezgâh kontrol sistemi veya kesicinin bağlı bulunduğu motordan alınan akım veya elektrik sinyallerinin analizi ile kuvvet ölçümü gerçekleştirilmiştir; ikinci grupta ise, iş parçası veya kesici üzerine yerleştirilen dönüştürücüler (gerilimölçerler, yük hücreleri, dinamometreler) sayesinde kuvvet ölçümü gerçekleştirmişlerdir [6].

Mavi ve Korkut, farklı mikro yapıya sahip vermiküler grafitli dökme demirlerin işlenebilirliği deneysel olarak incelemişlerdir. Kesme parametrelerinin, kesme kuvvetleri ve yüzey

pürüzlülüğü üzerindeki etkisi çoklu regresyon analizi ile modellenmişlerdir. Deneylerde dört farklı kesme hızı ve üç farklı ilerleme miktarı kullanılmıştır. Kesme derinliği ise tüm deneylerde sabit 2,5 mm alınmıştır. Deneyler sonucunda kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğüne etki eden parametrelerin değerlendirilebilmesi için SPSS 15.0 programında çoklu regresyon analizi yapılmıştır. Ayrıca mikroyapı (perlitik, ferritik, perlitik+ferritik), kesme hızı ve ilerleme miktarının kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisinin belirlenmesinde ANOVA (Varyans Analizi) tablosu kullanılmıştır. Sonuç olarak kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğüne etki eden parametrelerin belirlenerek matematiksel model geliştirilmiştir [7].

Karabulut ve Güllü, vermiküler grafitli dökme demirin TiCN ve Al₂O₃ kaplamalı karbür kesicilerle frezelemede farklı yavaşma açılarının kesme kuvvetleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Bu amaçla 2,5 mm sabit kesme derinliğinde dört farklı yavaşma açılarında, dört farklı kesme hızlarında, üç farklı kesme derinliklerinde kuru ve ıslak işleme şartlarında 96 farklı kombinasyonda frezeleme deneyi yapılmıştır. Deney sonuçları yapay sinir ağları ve regresyon analizi ile modellenmiştir. Ayrıca regresyon modeli ile YSA modelinin kıyaslaması yapılmıştır [8].

Şahinoğlu ve diğerleri GGG50 döküm malzemeyi dört ayrı ilerleme miktarında, dört ayrı kesme hızı ve dört ayrı talaş derinliğinde soğutma sıvısı kullanmadan işlemişlerdir. Talaş kaldırma esnasında oluşan ses şiddeti ve iş parçasının yüzey pürüzlülük değerlerini ölçmüşlerdir. İlerleme değeri arttıkça; titreşim ve yüzey pürüzlülük değerinin ve ses şiddetinin arttığı görülmüştür. Talaş derinliği arttıkça titreşim ve ses şiddetinin arttığı görülmüştür [9].

San-Juan ve arkadaşları AISI 316L çeliğini kuru şartlarda frezeleme işlemine tabi tutmuşlardır. Çalışmada, ters yönlü ve eş yönlü frezeleme yapılarak talaş üzerindeki kesme kuvveti ve sıcaklıkları incelenmiştir. Deney sonucunda, aşınma ve yüzey işlemenin de kesme kuvvetine bağlı olduğu ve sıcaklığı etkileyen en önemli etkenin sürtünme olduğu tespit edilmiştir [10].

Ayrıca gerçekleştirilen çalışmalarda, ilerleme hızının artmasıyla birlikte talaş kesitinin büyüdüğü ve buna bağlı olarak da kesme kuvvetlerinin artmasına sebep olduğu belirtilmektedir [11-15]. Aynı zamanda, kesme hızının artması ile ısının arttığı, dolayısıyla talaş oluşumunun kolaylaştığı ve sonucunda da kesme kuvvetlerinin azaldığı ifade edilmektedir [11-15].

Gerçekleştirilen bu çalışmada ise GGG50 Küresel Grafitli Dökme Demir yüzey frezeleme işlemine tabi tutulmuştur. Kesme parametrelerinin kesme kuvvetleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Aynı zamanda birinci dereceden ve ikinci dereceden çoklu regresyon analizi yapılarak kesme kuvvetinin tahmini için matematiksel modeller oluşturulmuştur.

2. MATERYAL ve METOD

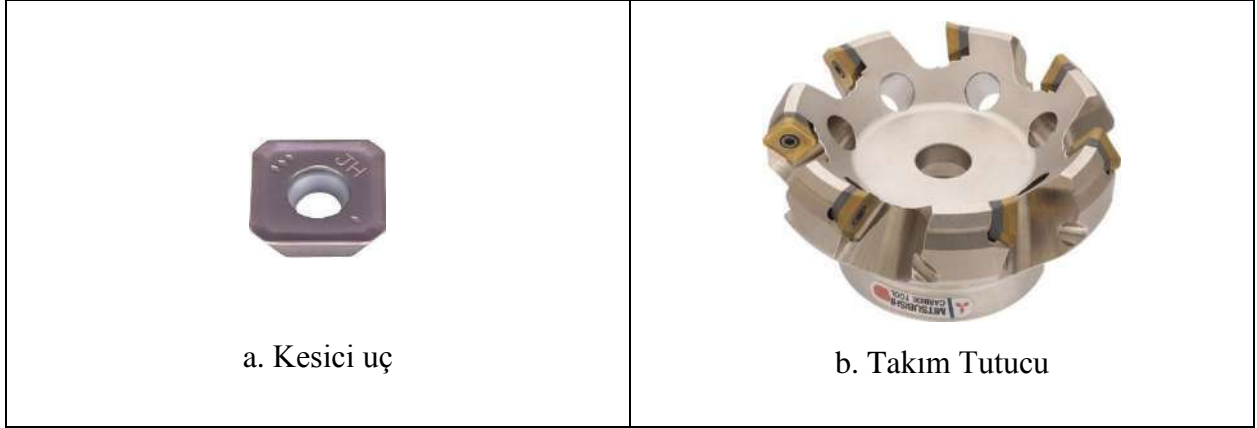
Bu çalışmada, hidrolik presler, silindirler, krank pres dişlileri, akslar, dişliler, traktör parçaları, vb. bir çok alanda yoğun bir şekilde kullanılan GGG50 Küresel Grafitli Dökme Demir iş malzemesi olarak kullanılmıştır. GGG50 Küresel grafitli dökme demirin kimyasal bileşimi Tablo 1’ de verilmiştir.

Tablo 1. GGG50 deney malzemesinin kimyasal bileşimi

%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Mg
3,00-4,00	2,00-3,00	0,10-0,90	0,10 Max.	0,03 Max.	0,030-0,080

Talaş kaldırma deneyleri, JOHNFORD VMC-550 marka FANUC kontrol ünitesi bir Dik İşleme Merkezinde gerçekleştirilmiştir. Tezgah; 5 Kw gücünde olup, 6000 dev/dak maksimum devir sayısına sahiptir. Tezgah'ın işletim sistemi Fanuc, hassasiyeti 0,001 mm ve kurs boyu (x, y, z eksen) 600, 500, 600 mm' dir.

Frezeleme deneylerinde Mitsubishi firması tarafından üretilen karbit uçlar kullanılmıştır. SEMT13T3AGSN-JH takım geometrisine sahip VP15TF karbit kesici takım malzemesi olan takım kullanılmıştır (Şekil 1.a) . Takım tutucu olarak da yine Mitsubishi firmasına ait ASX445/080A06R takım tutucu kullanılmıştır (Şekil 1.b).



Şekil 1. Deneylerde kullanılan kesici uç ve takım tutucu

Deneyler Şekil 2'te görülen deney düzeneğinde gerçekleştirilmiştir. Dinamometrenin üzerine mengene ve mengineye de iş parçası malzemesi bağlanmıştır. Deneylerde kullanılan kesme parametreleri Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Deney Düzeneği

Tablo 2.Kesme parametreleri

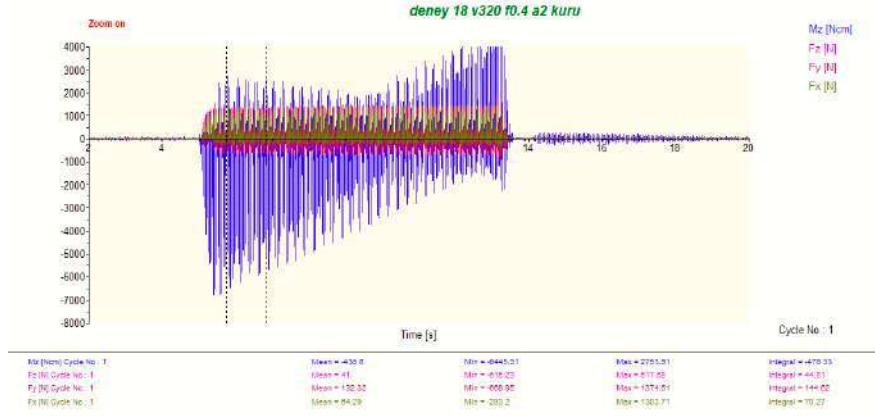
Faktörler	Birim	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
İlerleme oranı	mm/tooth	0,18	0,27	0,4
Kesme hızı	m/min	180	250	320
Kesme derinliği	mm	1	2	-

Talaş kaldırma sırasında kuvvet ölçümleri, üç ayrı kesme hızı, üç ayrı ilerleme oranı ve iki ayrı kesme derinliği değeri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Talaş kaldırma sırasında üç kuvvet bileşeni olan; esas kesme kuvveti F_z (F_c), ilerleme kuvveti F_x (F_f) ve radyal kuvveti F_y (F_r) ölçebilen “KISTLER 9257A” tipi piezoelektrik dinamometre kullanılmıştır. Bu dinamometre “KISTLER Type 5019” bir sinyal yükselticiye (Multi Charge Amplifier) entegre edilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3.KISTLER Type 5019 sinyal yükseltici

Deneylerde elde edilen kesme kuvvetleri RS-232C ara kablo ile bilgisayara gönderilmiş, “DynoWare Type 2825Ai-2” programı ile kuvvetler grafik olarak elde edilmiştir. Şekil 4’te deneyler esnasında elde edilen kesme kuvvetleri grafiği verilmiştir.



Şekil 4. Kuvvet Grafiği

3. DENEYSEL SONUÇLAR VE ANALİZİ

Çalışma kapsamında 3 farklı kesme hızı, 3 farklı ilerleme oranı ve 2 farklı kesme derinliği kullanılarak toplam 18 adet deney yapılmıştır. Deneyler kuru işleme şartlarında gerçekleştirilmiştir. Deneylerde Şekil 2’de gösterilen takım tutucu ve kesici uç kullanılmıştır. Takım tutucuya 1 adet uç takılmış ve her deneyde yeni bir uç kullanılmıştır.

Deneyler esnasında elde edilen kesme kuvvetleri dinamometre ile ölçülmüş ve bilgisayara aktarılmıştır. Fx, Fy ve Fz eksenlerinde oluşan kuvvetlerden Eşitlik 1 ‘de verilen formülle bileşke kuvvetleri hesaplanmıştır.

$$F_b = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2} \quad (1)$$

Deneyler neticesinde elde edilen kesme kuvveti değerleri Minitab programına aktararak varyans analizi ve çoklu regresyon analizine tabi tutulmuştur.

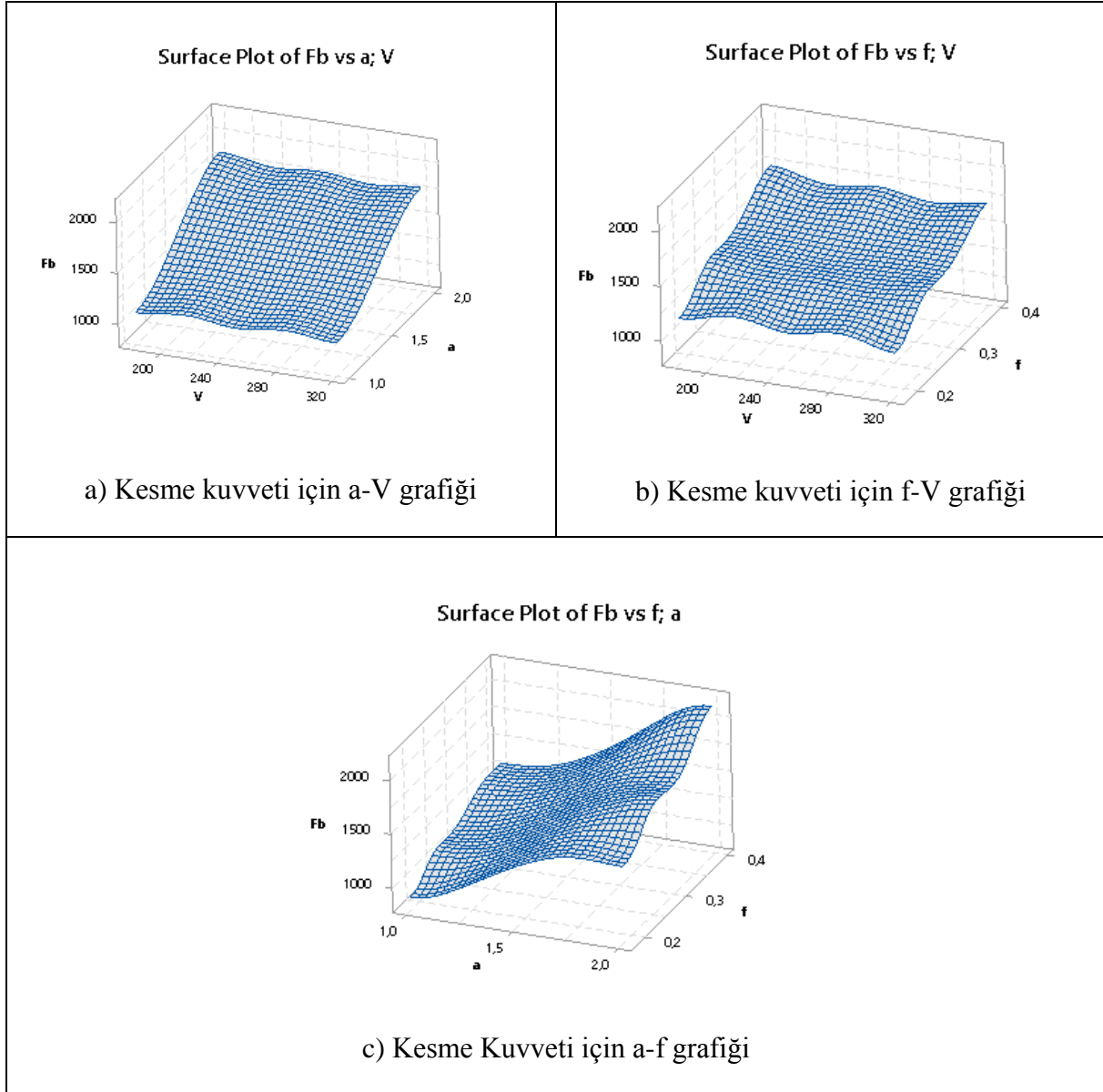
3.1. Varyans Analizi

Deneylerde elde edilen kesme kuvvetlerine genel doğrusal model tekniği ile varyans analizi yapılmıştır. Parametrelerin kesme kuvveti üzerindeki etkisini belirlemek için gerçekleştirilen varyans analizi Tablo 3 ‘te verilmiştir.

Tablo 3. Varyans Analizi Tablosu

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	Per (%)
a	1	2246134	2246134	489,8	0	71,69
V	2	981	490	0,11	0,899	0,03
f	2	830938	415469	90,6	0	26,52
Error	12	55030	4586			1,76
Total	17	3133084				100
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)			
67,719	98,24%	97,51%	96,05%			

Tablo 3 incelendiğinde P anlamlılık değerlerinin a ve f için 0 ve V için 0,899 olduğu görülmektedir. Kesme kuvveti üzerinde kesme hızının önemli bir etkisinin olmadığı, fakat kesme derinliği ile ilerleme hızının etkili olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. R^2 açıklama katsayısı ise %97,51 olarak belirlenmiştir. Bu bağlamda kesme kuvvetindeki değişimin %97,51 oranında a, V ve f parametreleri tarafından açıklandığı anlaşılmaktadır. Şekil 5'te kesme parametrelerinin kesme kuvveti üzerinde etkisinin gösterildiği 3 boyutlu yüzey grafikleri verilmiştir.



Şekil 5. Kesme parametrelerinin bileşke kesme kuvveti üzerindeki etkisinin gösterildiği 3B yüzey grafikleri

Şekil 5'teki yüzey grafikleri incelendiğinde, kesme hızı değişiminin bileşke kuvvet üzerinde bir etkiye sahip olmadığı Şekil 5.a ve b 'de net bir şekilde görülmektedir. Buna karşın

ilerleme hızının artması ile kesme kuvvetlerinin arttığı görülmektedir. Benzer durum da kesme derinliği için söylenebilir. En büyük kesme kuvveti değeri Şekil 5.c’de görüldüğü üzere en büyük kesme derinliği ve en büyük ilerleme hızı değerinde elde edilmiştir.

3.2. Çoklu Regresyon Analizi

Bu çalışmada, kesme parametreleri ve kesme kuvveti arasındaki sebep-sonuç ilişkisi belirlemek ve bu ilişkiyi kullanarak kesme kuvvetinin tahmini için Minitab programında regresyon analizi yapılmıştır. Birinci dereceden ve ikinci dereceden regresyon analizleri gerçekleştirilerek denklemler elde edilmiştir.

3.2.1. Birinci dereceden regresyon analizi

Kesme kuvvetinin tahmini için yapılan 1. dereceden regresyon analizi denklemi, Eşitlik 2’de ve denklem katsayıları ise Tablo 4’de verilmiştir.

$$F_b = -261,6 + 706,5 a - 0,094 V + 2370 f \quad (2)$$

Tablo 4. Birinci dereceden regresyon analizi katsayıları

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value
Constant	-261,6	97,9	-2,67	0,018
A	706,5	31,4	22,53	0
V	-0,094	0,274	-0,34	0,737
F	2370	174	13,65	0

Regresyon analizinde, R^2 belirtme katsayısının 1 e yakın olarak elde edilmesi arzu edilen bir sonuçtur. Gerçekleştirilen regresyon analizinde R^2 %97,6 olarak hesaplanmıştır. Tablo 4’deki P anlamlılık değerleri incelendiğinde, kesme derinliği ve ilerleme oranının kesme kuvvetinin oluşmasında önemli etkiye sahip olduğu görülmektedir. Ancak kesme hızının kesme kuvveti üzerinde bir etkisi yoktur.

3.2.1. İkinci dereceden regresyon analizi

Birinci dereceden regresyon analizinden sonra, kesme kuvvetinin tahmini için ikinci dereceden regresyon analizi de yapılmıştır. İkinci dereceden regresyon analizi denklemi, Eşitlik 3’te ve denklem katsayıları ise Tablo 5’te verilmiştir.

$$F_b = -135 + 477,7 a - 0,36 V + 3001 f + 0,00219 V*V - 3447 f*f - 0,346 a*V + 1113 a*f - 1,12 V*f \quad (3)$$

Tablo 5. İkinci dereceden regresyon analizi katsayıları

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value
Constant	-135	245	-0,55	0,594
a	477,7	73,1	6,53	0,000
V	-0,36	1,54	-0,23	0,822
f	3001	818	3,67	0,005
V*V	0,00219	0,00289	0,76	0,467
f*f	-3447	1218	-2,83	0,020
a*V	-0,346	0,234	-1,48	0,173
a*f	1113	148	7,52	0,000
V*f	-1,12	1,29	-0,86	0,411

İkinci dereceden regresyon analizinde R^2 (belirtme katsayısı) %99,56 olarak hesaplanmıştır. Tablo 5’te belirtilen P değerleri incelendiğinde kesme hızı ve kesme hızının kesme derinliği ve ilerleme hızı ile etkileşimi olan durumlarda, kesme kuvveti üzerinde bir etkisi olmadığı P anlamlılık değerinin 0,05’ten büyük çıkmasından anlaşılmaktadır.

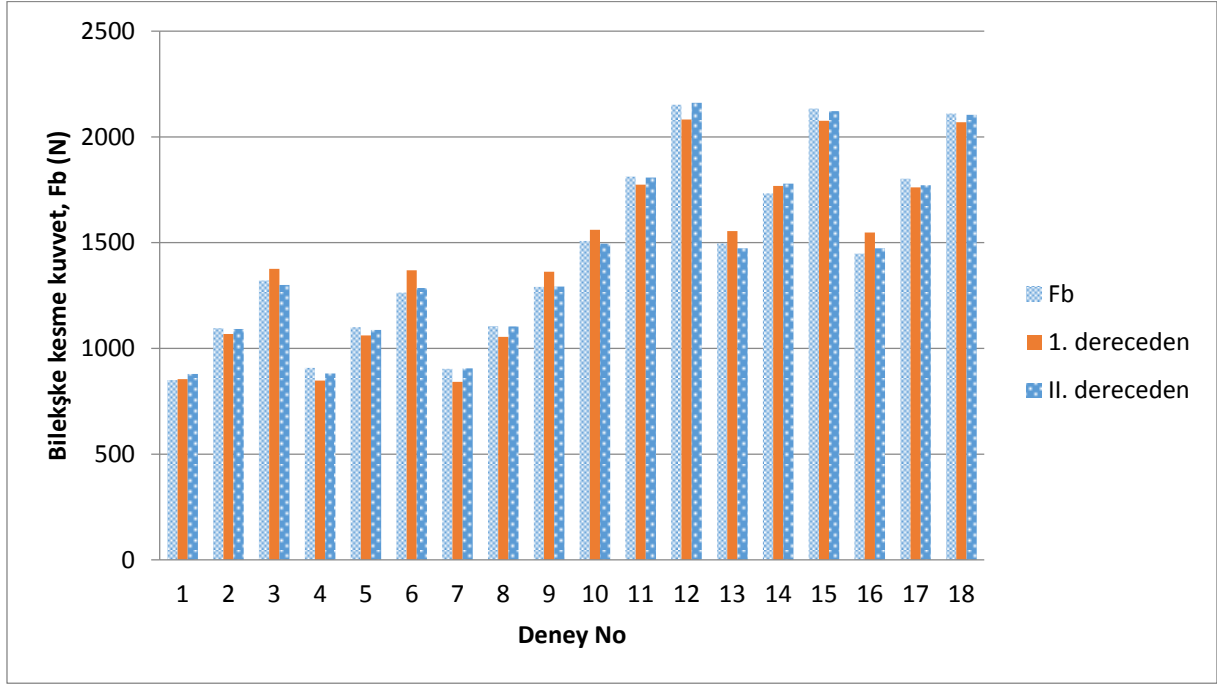
3.2.3. Kesme kuvveti için regresyon analizlerinin mukayesesi

Kesme kuvveti için birinci ve ikinci dereceden çoklu regresyon analizleri hesaplamaları Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. Kesme kuvveti için regresyon analizleri sonuçlarının mukayesesi

D. NO	a	V	f	Fb	1. derece	Fark	% fark	II. derece	Fark	% fark
1	1	180	0,18	850,3	854,58	-4,2	0,5	879,1252	28,8	3,4
2	1	180	0,27	1095,0	1067,88	27,1	2,5	1091,6377	-3,3	0,3
3	1	180	0,4	1320,7	1375,98	-55,3	4,2	1300,016	-20,7	1,6
4	1	250	0,18	907,5	848	59,5	6,6	881,5122	-26,0	2,9
5	1	250	0,27	1100,0	1061,3	38,7	3,5	1086,9687	-13,0	1,2
6	1	250	0,4	1263,6	1369,4	-105,8	8,4	1285,155	21,6	1,7
7	1	320	0,18	903,2	841,42	61,8	6,8	905,3612	2,1	0,2
8	1	320	0,27	1105,1	1054,72	50,4	4,6	1103,7617	-1,3	0,1
9	1	320	0,4	1290,9	1362,82	-71,9	5,6	1291,756	0,9	0,1
10	2	180	0,18	1508,0	1561,08	-53,1	3,5	1494,8852	-13,1	0,9
11	2	180	0,27	1811,8	1774,38	37,4	2,1	1807,5677	-4,2	0,2
12	2	180	0,4	2152,2	2082,48	69,7	3,2	2160,636	8,5	0,4
13	2	250	0,18	1496,5	1554,5	-58,0	3,9	1473,0522	-23,5	1,6
14	2	250	0,27	1732,9	1767,8	-34,9	2,0	1778,6787	45,8	2,6
15	2	250	0,4	2133,5	2075,9	57,6	2,7	2121,555	-12,0	0,6
16	2	320	0,18	1447,7	1547,92	-100,2	6,9	1472,6812	25,0	1,7
17	2	320	0,27	1802,2	1761,22	41,0	2,3	1771,2517	-31,0	1,7
18	2	320	0,4	2109,9	2069,32	40,6	1,9	2103,936	-6,0	0,3

Tablo 6'daki deney sonuçları ve tahmini kesme kuvvetleri değerleri incelendiğinde, ikinci dereceden regresyon analizi ile elde edilen sonuçların deneylerden elde edilen sonuçlara daha yakın olduğu görülmektedir. Birinci dereceden regresyon analizi sonuçlardan en büyük fark, %8,4 ile 6. deneyde oluşmuştur. İkinci dereceden regresyon analizinde ise en büyük fark %3,4 ile 1. deneyde oluşmuştur. Deney sonuçları, birinci dereceden ve ikinci dereceden regresyon analizi sonuçları Şekil 6'da sütun grafiği olarak verilmiştir.



Şekil 6. Regrasyon analizi sonuçları

Şekil 6'da gösterilen sütun grafiğinde deneyler ile elde edilen kesme kuvveti değerlerine en yakın sonuçları ikinci dereceden regresyon analizinin verdiği görülmektedir.

4. SONUÇLAR

Yapılan bu çalışma kapsamında, GGG50 küresel grafitli dökme demir malzemesinin yüzey frezeleme işleminde kullanılan kesme hızı, ilerleme oranı ve kesme derinliği gibi işleme parametrelerinin kesme kuvvetleri üzerindeki etki oranları belirlenmiş olup, elde edilen sonuçlar aşağıda yazılmıştır.

- Kesme derinliği ve ilerleme oranının artması ile kesme kuvveti değeri artmaktadır.
- Kesme hızının kesme kuvveti üzerinde dikkate değer bir etkisi olmamıştır.
- Deneysel sonuçlar üzerinde gerçekleştirilen varyans analizi neticesinde, kesme parametrelerinin, kesme kuvvetleri üzerinde % 97,51 oranında bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

- Elde edilen verilerde literatüre aksi bir sonuç ortaya çıkmamış olup, talaş derinliğinin ve ilerleme oranının kesme kuvveti üzerinde önemli bir etkisi olduğu saptanmıştır.
- Deneylede çıktı parametresi olarak elde edilen kesme kuvveti üzerinde, en etkili parametre % 71,69 ile kesme derinliği olmuştur.
- En yüksek toplam bileşke kuvvet (Fb), 180 m/min kesme hızı 0,4 mm/tooth ilerleme oranı ve 2 mm kesme derinliği parametrelerinden elde edilen 2152,2 N değeridir.
- En düşük toplam bileşke kuvvet (Fb), 180 m/min kesme hızı 0,18 mm/tooth ilerleme oranı ve 1 mm kesme derinliği parametrelerinden elde edilen 850,3 N değeridir.
- Birinci dereceden regresyon analizinin kesme kuvvetini tahmin oranı %97,6 ve ikinci dereceden regresyon analizinin ise kesme kuvvetini tahmin oranı %99,56 olarak belirlenmiştir.

KAYNAKÇA

1. Demir, H. ve Güllü, A., “Taşlama parametrelerinin taşlama kalitesine etkilerinin incelenmesi”, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 7, 189-198, 2001.
2. Demir, H., Güllü, A., Şeker U., “Düzlem taşlama işleminde taşlama kuvvetlerinin ölçülmesi için bir dinamometre tasarımı ve imalatı”, Teknoloji-ZKÜ Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Dergisi, Cilt 9, Sayı 2, 111-118, 2006.
3. Şeker, U., Kurt, A. and Çiftçi, İ., “Design and construction of a dynamometer for measurement of cutting forces during machining with linear motion”, Materials and Design, 23: 355-360, 2002.
4. Günay, M., “Talaş kaldırma işlemlerinde kesici takım talaş açısının kesme kuvvetlerine etkisinin deneysel olarak incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 40-49 2003.
5. Yılmaz, V., Dilipak, H., Sarıkaya, M., Yılmaz, C., Özdemir, M. , “Frezeleme işlemlerinde kesme kuvveti, titreşim ve yüzey pürüzlülüğü sonuçlarının modellenmesi”, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi, cilt-30, sayı-4, s.220-226, 2014.
6. Turgut, Y., Korkut, İ., “ Talaşlı imalatta kesme kuvveti ölçme sistemleri” 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS’09), Karabük, 13-15 Mayıs, 2009.
7. Mavi, A., ve Korkut, İ., “Vermiküler grafitli dökme demirlerin işlenmesinde kesme parametrelerinin kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğüne etkisinin regresyon analizi ile modellenmesi” Politeknik Dergisi Cilt:13 Sayı:4, 2010.
8. Karabulut, Ş., ve Güllü, A., “Farklı yavaşma açıları ile vermiküler grafitli dökme demirin frezelenmesinde kesme kuvvetlerinin araştırılması ve analitik modellenmesi.” mmfdergi.gazi.edu.tr , Cilt28, Sayı 1, 2013.
9. Şahinoğlu, A., Güllü, A., Dönertaş, M., A., “GGG50 Malzemenin torna tezgahında işlenmesinde kesme parametrelerinin titreşim, ses şiddeti ve yüzey pürüzlülüğü üzerinde

etkisinin araştırılması”, Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, cilt-2, sayı-1, s.67-79 , 2017.

10. San-Juan, M., “Study of cutting forces and temperatures in milling of AISI 316L” The Manufacturing Engineering Society International Conference, Procedia Engineering Volume-132, Pages 500 – 506 , 2015.

11. Kuram, E., “ The effect of extreme pressure added vegetable based cutting fluids on cutting performance in milling” Industrial Lubrication and Tribology, Vol. 65 Issue: 3, pp.181-193, 2013.

12. Kedare, S., B., “Effect of Minimum Quantity Lubrication (MQL) on surface roughness of mild steel of 15 HRc on universal milling machine” Procedia Materials Science 6, 150 – 153, 2014.

13. Xuefeng, Xu., “A study on process parameters in endmilling of AISI-304 stainless steel under electrostatic minimum quantity lubrication conditions” Int J Adv Manuf Technology, 90:979–989, 2017.

14. Muthusamy, Y., “Wear analysis when machining AISI 304 with Ethylene Glycol/TiO₂ nanoparticle-based coolant” Int J Adv Manuf Technology, 82:327–340, 2016.

15. Fedai, Y., ve Ünüvar, S., "316L östenitik paslanmaz çeliklerin frezelenmesinde işleme parametrelerinin kesme kuvvetleri ve takım aşınması üzerindeki etkileri ", 6.Ulusal talaşlı imalat sempozyumu, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Selçuk Üniversitesi, 2015.

THERMAL AND GROUND STATE ENTANGLEMENT OF ISING SPIN CHAIN WITH THE PRESENCE OF MAGNETIC FIELD

Dr. Buğra YILDIZ

Hacettepe University, Engineering Faculty

Prof. Dr. Yiğit GÜNDÜÇ

Hacettepe University, Engineering Faculty

ABSTRACT

Entanglement is the one of the most interesting features of quantum mechanics and fundamental resource for quantum computers and other quantum information applications. The real quantum system cannot be isolated, so interactions between the quantum systems and the surrounding environment may be unavoidable. The same situation is valid for temperature. Zero temperature entanglement is important, to understand ground state behavior of the system. However, the effect of temperature needs to be studied. Especially in recent years, entanglement has found many applications various technological fields. Such as, quantum computers, quantum teleportation, quantum cryptology, quantum cloning etc. As a result of those developments, in last twenty years Heisenberg spin models have been investigated in the literature. That is the main motivation for this work. In this study concurrence is used as the measure of entanglement. And also, the thermal and ground state entanglement of a two qubit Ising spin chains have been investigated with the presence of parallel and perpendicular magnetic field. Analytical expressions have been obtained for the concurrence as a function of interaction parameter, temperature and magnetic field. It is seen that, while the entanglement is zero for Ising spin model with parallel magnetic field, the system can be entangled, by applying perpendicular magnetic field, since the eigenvector corresponding to the minimum eigenvalues of the Hamiltonian goes to one of the Bell states. Furthermore, the temperature causes the existing entanglement to decrease. If limit of perpendicular magnetic field goes to zero and interaction parameter is different than zero, we have maximum entanglement for the Ising model.

Keywords: Quantum entanglement, concurrence, Ising model.

INTRODUCTION

In recent years, entanglement has found many applications various technological fields. Undoubtedly, the greatest factor is quantum entanglement (Schrödinger, 1935 - Nielsen, 2000 and Horodecki, 2009) in the development of these technological applications such as quantum computers (Vidal, 2003 and Ladd, 2010), quantum teleportation (Bennett, 1993), quantum cryptography (Ekert, 1991 and Kolmitzer, 2010), quantum cloning (Scarani, 2005), superdense coding (Benett, 1992), quantum metrology (Wang, 2018).

Heisenberg spin models are simple spin chains, which is used for simulating many physical system (Yıldız, 2010). In this study, thermal and ground state entanglement of a two qubit Ising spin chains have been investigated with the presence of parallel and perpendicular magnetic field. Analytical expressions have been obtained for the concurrence as a function of interaction parameter, temperature and magnetic field. Entanglement of formation (Hill, 1997 and Wootters, 1998) is one of the most important entanglement measures. The exact formula is given by Wootters,

$$E_F(\rho) = h\left(\frac{1 + \sqrt{1 - C(\rho)^2}}{2}\right) \quad (1)$$

where h defined as $h(x) = -x \log_2 x - (1 - x) \log_2 1 - x$. And the concurrence for the two qubit is given as,

$$C(\rho) = \max\{\sqrt{\lambda_1} - \sqrt{\lambda_2} - \sqrt{\lambda_3} - \sqrt{\lambda_4}, 0\} \quad (2)$$

here λ 's are eigenvalues of $R(\rho) = \rho(\sigma_y \otimes \sigma_y) \rho^*(\sigma_y \otimes \sigma_y)$ in decreasing order. And ρ^* is complex conjugate of ρ , finally σ_y is Pauli spin matrix $\sigma_y = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}$.

RESULTS AND DISCUSSIONS

For the Ising model, which is simplest spin system among Heisenberg spin systems, two out of three interaction parameters are zero ($J_x = J_y = 0, J_z \neq 0$). Ising spin chain Hamiltonian for the parallel magnetic field case could be written as;

$$H = \frac{J_z}{8} \sigma_1^z \sigma_2^z + \frac{B_z}{2} (\sigma_1^z + \sigma_2^z) \quad (3)$$

Eigenvalues of the Hamiltonian in Eq. 1 are $E_{1,4} = \frac{J_z \pm B_z}{4}$ and $E_{2,3} = \mp \frac{J_z}{4}$ and related eigenvectors are $|\psi_1\rangle = |00\rangle, |\psi_2\rangle = |01\rangle, |\psi_3\rangle = |10\rangle$ and $|\psi_4\rangle = |11\rangle$. Since the density matrix defining the system is diagonal and can be factorized over the subspaces, the ground state concurrence is zero. Also, for the thermal case, eigenvalues of the R_ρ are $\lambda_{1,2} = e^\alpha / Z$ and $\lambda_{3,4} = e^{-\alpha} / Z$. Where $\alpha = J_z / 4T$ and $Z = 2(e^{-\alpha} \cosh \frac{B_z}{T} + e^\alpha)$. Concurrence for the thermal case,

$$C = \max\left\{\frac{-e^{-\alpha}}{2(e^{-\alpha} \cosh \frac{B_z}{T} + e^\alpha)}, 0\right\} = 0 \quad (4)$$

Since, the temperature cannot change diagonalization, eigenvectors are still separable so the concurrence is zero (Eq. 4).

If perpendicular magnetic field have been chosen (+x direction), new Hamiltonian is;

$$H = \frac{J_z}{8} \sigma_1^z \sigma_2^z + \frac{B_x}{2} (\sigma_1^x + \sigma_2^x) \quad (5)$$

Eigenvalues of the Hamiltonian in Eq. 5,

$$E_{1,2} = \mp \frac{J_z}{4}, E_{3,4} = \mp \frac{1}{4} \sqrt{16B_x^2 + J_z^2} \quad (6)$$

And the eigenvectors are respectively,

$$|\psi_1\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} (|10\rangle - |01\rangle),$$

$$\begin{aligned}
 |\psi_2\rangle &= \frac{1}{\sqrt{2}}(|11\rangle - |00\rangle), \\
 |\psi_3\rangle &= a|00\rangle + b|01\rangle + b|10\rangle + a|11\rangle, \\
 |\psi_4\rangle &= c|00\rangle + d|01\rangle + d|10\rangle + c|11\rangle
 \end{aligned} \tag{7}$$

Where a, b, c and d parameters are function of J_z and B_x ,

$$a = \frac{1}{\sqrt{2 + \frac{1}{8}\left(\frac{J_z + \sqrt{16B_x^2 + J_z^2}}{B_x}\right)^2}} \quad b = -\frac{J_z + \sqrt{16B_x^2 + J_z^2}}{4B_x \sqrt{2 + \frac{1}{8}\left(\frac{J_z + \sqrt{16B_x^2 + J_z^2}}{B_x}\right)^2}} \quad c = \frac{1}{\sqrt{2 + \frac{1}{8}\left(\frac{J_z - \sqrt{16B_x^2 + J_z^2}}{B_x}\right)^2}} \quad d = -\frac{J_z - \sqrt{16B_x^2 + J_z^2}}{4B_x \sqrt{2 + \frac{1}{8}\left(\frac{J_z - \sqrt{16B_x^2 + J_z^2}}{B_x}\right)^2}}$$

It is clearly seen that, if $B_x \neq 0$, E_3 is lowest energy eigenvalue. Therefore, ground state entanglement has to be calculated by the density matrix which obtained by $|\psi_3\rangle$ eigenvector. Fig. 1 shows, zero temperature concurrence as function of B_x and J_z . If $B_x = 0$ it is pure Ising model and its entanglement is zero. However, if B_x goes to zero and $J_z \neq 0$, $\lim_{B_x \rightarrow 0} |\psi_3\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|01\rangle + |10\rangle)$ the system has maximum entanglement.

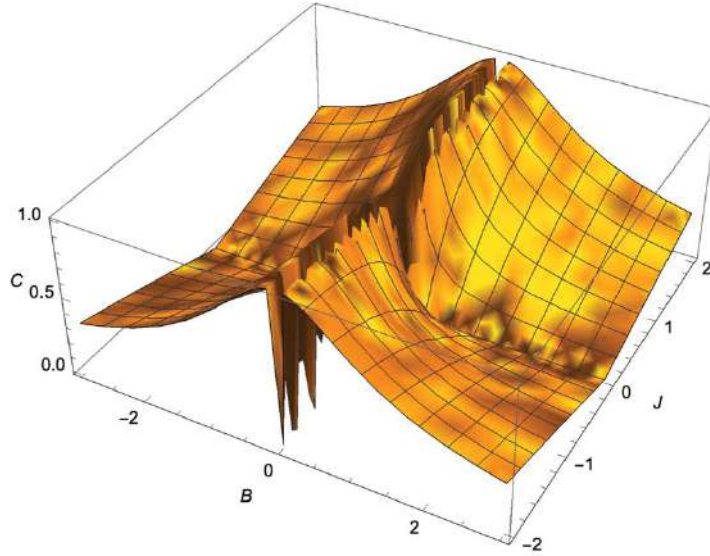


Figure 1. Ground state concurrence with perpendicular magnetic field for Ising spin chain.

For the isolated systems it is possible write entanglement as function of temperature. In order to obtain analytical expressions for the thermal entanglement, first density matrix could be written by using Eq. 6 and Eq. 7, $\rho(T) = \frac{1}{Z} \sum_{i=0}^3 \exp\left(\frac{-E_i}{T}\right) |\psi_i\rangle \langle \psi_i|$. Here $Z = e^{-\frac{J_z}{4T}} + e^{\frac{J_z}{4T}} + e^{-\frac{\sqrt{16B_x^2 + J_z^2}}{4T}} + e^{\frac{\sqrt{16B_x^2 + J_z^2}}{4T}}$. Therefore, the concurrence is,

$$C = \max \left\{ \frac{-\cosh 2\alpha + \sqrt{2}J_z\Omega}{2\left(\cosh \alpha + \left(\frac{\sqrt{16B_x^2 + J_z^2}}{4T}\right)^2\right)}, 0 \right\} \quad (8)$$

In Eq. 8, $\Omega = \sqrt{\frac{(32B_x^2 + J_z^2 + J_z^2 \cosh(\frac{\sqrt{16B_x^2 + J_z^2}}{2T})) \sinh^2(\frac{\sqrt{16B_x^2 + J_z^2}}{4T})}{(16B_x^2 + J_z^2)^2}}$ and $\alpha = \frac{J_z}{4}$. Fig. 2, shows Thermal concurrence with perpendicular magnetic field as function of temperature for $J_z = 1$. It is seen that, temperature causes the existing entanglement to decrease.

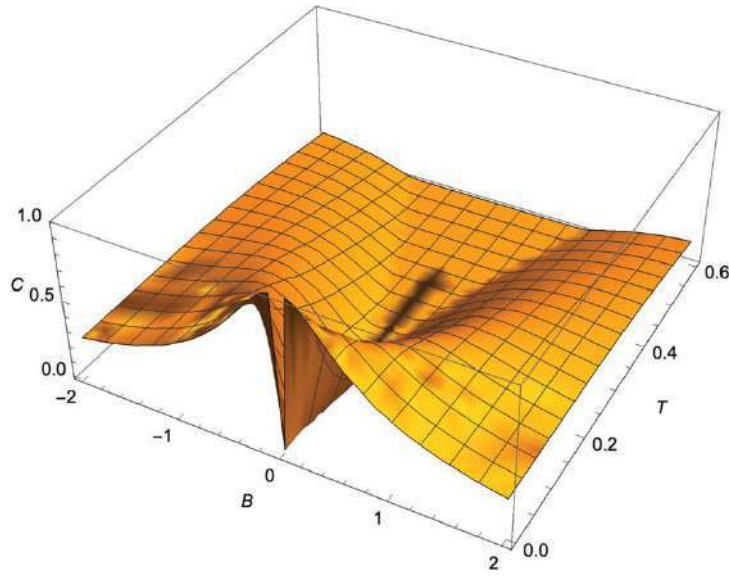


Figure 2. Thermal concurrence with perpendicular magnetic field as function of temperature for $J_z = 1$.

CONCLUSION

Ground and thermal entanglement of spin chains have been analytically and numerically calculated in the case of parallel and perpendicular magnetic field. Heisenberg Hamiltonian have two parameters with the addition of magnetic field. For the parallel magnetic field, density matrix which defines the system is still diagonal, so the eigenvectors are separable for both zero temperature and higher temperature case and the entanglement is zero. However, for the perpendicular magnetic field, the eigenvector corresponding to the minimum eigenvalues of the Hamiltonian goes to one of the Bell states ($\lim_{B_x \rightarrow 0} |\psi_3\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|01\rangle + |10\rangle)$) which has maximum entanglement. Also, it could also be seen that the maximum entanglement decreases as the temperature increases.

REFERENCES

- Bennett C. H. and Wiesner S. J.** (1992) Communication via one- and two-particle operators on Einstein-Podolsky-Rosen states, *Phys. Rev. Lett.* 69, 2881.
- Bennett C. H., Brassard G., Crepeau C., Jozsa R., Peres A., and Wootters W. K.** (1993) Teleporting an Unknown Quantum State via Dual Classical and Einstein-Podolsky-Rosen Channels, *Phys.Rev. Lett.* 70, 1895.
- Ekert A. K.** (1991) Quantum Cryptography Based on Bells Theorem, *Phys. Rev. Lett.* 67, 661.
- Hill S. and Wootters W. K.** (1997) Entanglement of a Pair of Quantum Bits, *Phys. Rev. Lett.* 78, 5022.
- Horodecki R., Horodecki P., Horodecki M., and Horodecki K.** (2009), Quantum Entanglement, *Rev. Mod. Phys.* 81, 865.
- Kollmitzer C. and Pivk M.** (2010) *Applied Quantum Cryptography* (Springer, Heidelberg, Germany).
- Ladd T. D., Jelezko F., Laflamme R., Nakamura Y., Monroe C., and O'Brien J. L.** (2010) Quantum Computers, *Nature*, 464, 45.
- Nielsen M. A. and Chuang I. L.** (2000). *Quantum Computation and Quantum Information* (Cambridge University Press, Cambridge, England)
- Scarani V., Lblisdir S., Gisin N., and Acin A.** (2005) Quantum cloning, *Rev. Mod. Phys.* 77, 1225.
- Schrödinger E.** (1935) Die gegenwertige Situation in der Quantenmechanik, *Naturwissenschaften*, 23, 807.
- Vidal G.** (2003) Efficient classical simulation of slightly entangled quantum computations, *Phys. Rev. Lett.* 91, 147902.
- Wang K., Wang X., Zhan X., Bian Z., Li J., Sanders B. C. and Xue P.** (2018) Entanglement enhanced quantum metrology in a noisy environment, *Phys. Rev.* A97, 042112.
- Wootters W. K.** (1998) Entanglement of Formation of an Arbitrary State of Two Qubits, *Phys. Rev. Lett.* 80, 2245.
- Yildiz B.,** (2010) *Quantum Entanglement and Decoherence*, Hacettepe University, Master Thesis.

TÜRKİYE'DEKİ GÜÇ SİSTEMİNDE PARÇACIK SÜRÜ OPTİMİZASYON ALGORİTMASI KULLANILARAK EKONOMİK YÜK DAĞITIMI

Doktora Öğrencisi Cenk ANDIÇ

Düzce Üniversitesi

ÖZET

Enerjinin talebinin artması ile elektrik güç sistemlerinin çalışmasının planlanması ve en uygun koşullarda işletilmesi son zamanlarda artarak önem kazanmaktadır. Ülkemizde ve dünya genelinde talep edilen elektrik enerjisi oldukça yüksek oranla termik yakıtlı santraller tarafından karşılanmaktadır. Ekonomik Yük Dağıtım (EYD) probleminde termik yakıtlı santrallerin yakıt maliyetleri azaltılarak şebekenin işletilmesi amaçlanmaktadır. EYD problemleri, karmaşık olmasından dolayı sezgisel yöntemler ile çözülmektedir. Bu çalışmada ise sezgisel yöntemlerden biri olan Parçacık Sürü Optimizasyon (PSO) algoritması kullanılarak Türkiye'de işletilmekte olan 400 kV'luk, 8 adet termik yakıtlı santrali bulunan 22 baralı bir güç sisteminde EYD problemi çözülmüştür. Yapılan çalışmada, jeneratörlerin üretim limit değerleri, hat kayıplı ve üretim-tüketim güç dengesi dikkate alınarak sistemin toplam yakıt maliyetini en aza indirmek için jeneratörlerin optimum çalışma şartları belirlenmiştir. PSO algoritmasından elde edilen sonuçların, literatürde belirtilen mevcut çalışma sonuçlarından daha iyi (daha az maliyetli işletme) sonuçlar verdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Parçacık Sürü Optimizasyonu, Ekonomik Yük Dağıtım, Optimizasyon, Güç Sistemleri.

ABSTRACT

With the increasing demand for energy, the planning of the operation of the electrical power systems and their operation under the most favorable conditions have become increasingly important recently. The demanded electrical energy in our country and around the world is met by the thermally fired power plants. In the Economic Dispatch (ED) problem, it is aimed to operate the network by reducing the fuel costs of thermal fuel power plants. ED problems are solved by heuristic methods because of their complexity. In this study, one of the heuristic Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm which is operated in Turkey using 400 kV, at 22 a power busbar system that fired thermal power plant 8 ED problem is solved. In the study, production limit values of generators, line loss and production-consumption power balance are taken into consideration and optimum operating conditions of generators are determined to minimize the total fuel cost of the system. The results obtained from the PSO algorithm were found to give better results (less costly operation) than the results of the current study indicated in the literature.

Keywords: Particle Swarm Optimization, Economic Dispatch, Optimization, Power Systems.

GİRİŞ

Küresel çapta ülkelerin elektrik enerji sistemlerinde enerji talebi her geçen gün artmaktadır. Elektrik enerji sistemlerindeki talep, sistemde bulunan üretim birimleri tarafından karşılanmaktadır. Üretim birimleri ise termik üretim birimleri (doğalgaz, kömür vb.), yenilenebilir enerji kaynakları (güneş enerjisi, rüzgar enerjisi vb.), hidroelektrik santralleri vb. kaynaklardan oluşmaktadır. Üretim birimlerinden biri olan termik üretim birimlerinin kullanımı diğer enerji kaynaklarına oranla daha fazladır. Örneğin Türkiye'nin 2019 yılı Ekim ayı elektrik üretiminde termik santrallerin payı % 67 olduğu açıklanmaktadır. Çevreci olarak bakıldığında bu oranın düşmesi, enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi hatta yenilenebilir enerji kaynakları (temiz enerji kaynakları) kullanımının artırılması istenilmektedir. Enerji talebinin her geçen gün artması ile üretim birimlerinin önemi de artmaktadır ve çoğunluk durumunda olan termik santraller daha dikkat çekici konuma gelmektedir. Termik üretim birimleri, santrale girdi olarak verilen hammaddenin (kömür, doğalgaz vb.) yakılması ile santral çıktı olarak elektrik enerjisi üretmektedir. Her bir termik santralin kendine özgü yakıt maliyet fonksiyonu vardır. Ekonomik Yük Dağıtımı (EYD) ise sistemdeki yüklerin talep ettiği gücün, sistemdeki termik üretim birimlerinin yakıt maliyet fonksiyonlarını dikkate alarak paylaşılması işlemidir. EYD problemlerinin çözümünde problem konveks ise matematiksel yöntemler (Lagrange), Semidefinite yöntemi ve sezgisel yöntemler kullanılmaktadır. Konveks olmayan EYD problemlerinde ise global bir çözüm noktası olmadığı için sezgisel yöntemler kullanılmaktadır.

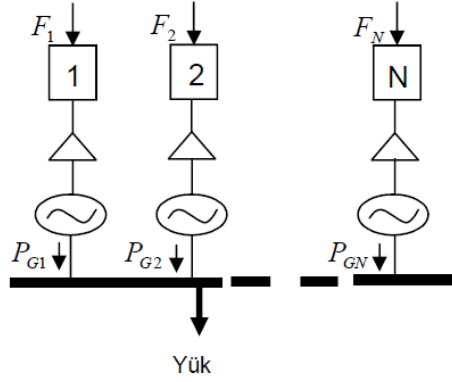
(Younes ve Koridak, 2006) IEEE'nin 3 farklı güç sisteminde en az yakıt maliyetinde jeneratörlerin aktif ve reaktif güç değerlerini Genetik Algoritma (GA) uygulayarak elde etmişlerdir. (Cai vd. 2007) kaotik karınca sürüsü optimizasyon algoritmasını uygulayarak EYD sorununu araştırmışlardır. (Sinha vd. 2003) evrim programlama yöntemlerinin EYD sorununun çözümündeki başarımını incelemişlerdir. (Prasanna ve Somasundaram, 2009) IEEE'nin güç sisteminde hem evrim programlama algoritması hem de tabu arama algoritmasını dahil eden bir melez fuzzy izlemine ilgili algoritma ile EYD sorununu incelemişlerdir. (Demirören ve Zeynelgil, 2002) GA uygulayarak çevresel etkileri dahil etmiştir ve EYD sorunuyla ilgilenmişlerdir. (Mohamed ve Koivo, 2009) çoklu optimizasyon algoritmasını değerlendirerek mikro şebekeli bir güç sisteminde ekonomik ve çevresel yönden EYD problemini çözmüşlerdir. (Yalçınöz ve Short, 1998) EYD sorununu hopfield yapay sinir ağını uygulayarak değerlendirmişlerdir. (Mousa 2014) hibrit karınca optimizasyon tekniğini uygulayarak EYD sorununu hem iktisadi hem de çevresel açıdan SO_x , NO_x , CO_x gaz emisyonlarını en aza indirecek şekilde incelemiştir. (Jeddi ve Vahidinasab, 2014) modifiye edilmiş uyum arama yöntemi ile EYD sorununu hem çevresel hem de ekonomik olarak gerçek bir güç sistemini incelemiştir.

Bu çalışmada ise Türkiye'de işletilmekte olan 400 kV'luk, 8 adet termik yakıtlı santrali bulunan 22 baralı bir güç sisteminde Parçacık Sürü Optimizasyon (PSO) algoritması kullanılarak ekonomik yük dağıtımı yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, literatürdeki mevcut sonuçlar (Başaran 2004) ile karşılaştırılmıştır ve PSO algoritmasının, sistemin işletilmesinde harcanılan yakıt maliyeti açısından daha başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Ekonomik Yük Dağıtımı

EYD problemi, güç sistemlerindeki artan yük taleplerini jeneratörlerin yakıt maliyetini en aza indirmek amaçlı, jeneratörlerin çalışma sınır aralığını göz önünde bulundurarak eş zamanlı olarak paylaşılması ile çözülür. Ekonomik yük dağıtımı, belirli kısa periyotlar ile istenilen yük istikametinde sistemde bulunan tüm üretim birimleri için güç paylaşılmasıdır (Duman ve Öztürk, 2010). Şekil 1'deki güç sisteminde yükün talep ettiği gücün, N adet termik santral

tarafından karşılanması gösterilmektedir. Şekil 1'deki F_1, F_2, \dots, F_N ifadeleri her bir termik santralin yakıt maliyetini temsil etmektedir.



Şekil 1. Yükün talep ettiği gücü karşılayan N adet termik yakıtlı santral (Başaran 2004).

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. Ekonomik yük dağıtımının amacı, sistemde bulunan tüm termik santrallerin yakıt maliyet toplamını en aza indireyecek şekilde şebekenin işletilmesidir, Denklem 1'de problemin amaç fonksiyonu ifade edilmektedir.

Amaç fonksiyonu;

$$C = \text{Min} \sum_{i=1}^N F_i(P_{Gi}) = \text{Min} \sum_{i=1}^N (a_i + b_i P_{Gi} + c_i P_{Gi}^2) \quad (1)$$

Denklem 1'de yer alan P_{Gi} : i . termik santralin ürettiği aktif güç değeridir. a_i , b_i ve c_i ise yakıt maliyet fonksiyonu katsayılarıdır. Termik üretim birimlerinin yakıt maliyetleri Denklem 1'de gösterildiği gibi 2. dereceden bir fonksiyon ile ifade edilir.

Bu problemde kısıt fonksiyonlarından biri olarak jeneratörlerin çalışma sınır değerleri Denklem 2'de belirtilmiştir, ekonomik yük dağıtımını sonucunda elde edilmiş üretim değeri jeneratörlerin üretebileceği sınır değerleri arasında olmak zorundadır, diğer kısıt fonksiyonu ise sistemin güç dengesi eşitliğidir ve Denklem 3'de gösterilmiştir.

Kısıt fonksiyonları;

$$P_{G,i}^{\min} \leq P_{Gi} \leq P_{G,i}^{\max} \quad (2)$$

$$KF = \sum_{i=1}^N P_{Gi} - P_D - P_L = 0 \quad (3)$$

Denklem 3'te gösterilen P_{Gi} sistemdeki termik santrallerin ürettikleri güç miktarını, P_D sistemden bulunan yüklerin talep ettiği güç miktarını ve P_L ise sistemde meydana gelen iletim kayıplarını temsil etmektedir. Denklem 4'te ise iletim kayıplarının P_L formülü gösterilmektedir. Denklem 4'te belirtilen B_{ij} ise kayıp matrisinin elemanlarını temsil etmektedir.

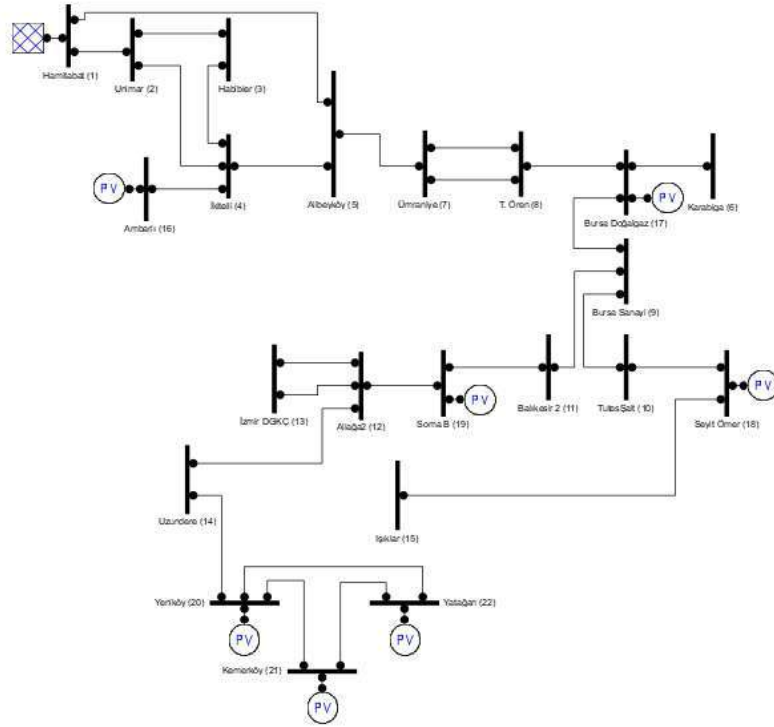
$$P_L = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N P_i B_{ij} P_j + \sum_{i=1}^N B_{0i} P_i + B_{00} \quad (4)$$

Özetle, Denklem 1'de gösterilen denklem aslında PSO algoritmasında amaç fonksiyonu olarak kullanılmaktadır. EYD probleminin amacı, kısıt fonksiyonları dikkate alınarak yakıt maliyeti fonksiyonunun (C 'nin) minimum olmasıdır. Amaç fonksiyonunda kullanılan

değişkenlere (P_{Gi}), Denklem 2’te belirtilen limit değerleri aralığında rastgele değerler verilmektedir. Denklem 3’te ise termik santrallerin ürettikleri güç değeri güç dengesi açısından talep edilen güçleri ve güç transferi esnasında yaşanan kayıpları karşılamak zorundadır.

Problemin Tanıtılması

Şekil 2’de Türkiye’de işletilme olan 8 termik üretim birimine sahip 22 baralı güç sistemi bir benzetim programı olan MATLAB/PSAT programında gösterilmektedir. Bu sistemin PSO algoritması kullanılarak minimum işletme maliyeti sağlayacak şekilde jeneratörlerin en uygun çalışma koşulları belirlenerek EYD problemi çözülmüştür.



Şekil 2. Türkiye’deki 400 kV’luk 22 baralı güç sistemi.

Tablo 1’de EYD problemi için 400 kV’luk 22 baralı sistemde bulunan 8 jeneratörün Denklem 1’de belirtilen yakıt maliyet fonksiyonunda yer alan a , b ve c katsayı değerleri ve jeneratörlerin çalışma sınır aralıkları verilmektedir.

Tablo 1. Jeneratör verileri (Başaran 2004).

Termik Santraller	P_{Gi}^{min} (MW)	P_{Gi}^{max} (MW)	a	b	c
Hamitabat	190	1120	6595.5	7.0663	0.0168
Bursa Doğalgaz	318	1432	6780.5	5.682	0.0106
Ambarlı	245	1350	7290.6	7.2592	0.0127
Seyit Ömer	150	600	1564.4	3.1288	0.0139
Soma B	210	990	5134.1	6.2232	0.0168
Yeni Köy	110	420	1159.5	3.3128	0.021
Kemerköy	140	630	1697	3.2324	0.0137
Yatağan	140	630	1822.8	3.472	0.0147

Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) Algoritması

Doğadaki sistemlerin ve canlıların davranışlarından esinlenerek ortaya konulmuş bir çok yöntem, optimizasyon problemlerinin çözümünde kullanılmaktadır. Canlıların ve doğanın kurmuş olduğu bir sistemde, sosyal davranışlar bireyler arasında etkileşimi ve haberleşerek bilgi alma gibi davranışlar ortaya çıkartmıştır.

Parçacık Sürü Optimizasyon (PSO) algoritması J. Kennedy ve R. C. Eberhart tarafından 1995 yılında kuş sürülerinin davranışlarından esinlenerek geliştirilmiş popülasyon tabanlı bir optimizasyon tekniğidir (Kennedy ve Eberhart, 1995).

PSO algoritması popülasyonu kuş sürüsü tarafından oluşturulur ve aslında kuşlar algoritmanın çözümlerini temsil etmektedir. PSO algoritmasında parçacık olarak adlandırılan her bir kuş arama uzayında bir çözümü ifade etmektedir. Her bir kuşun konum ve hız vektör bilgisi vardır. PSO algoritması ilk iterasyonda popülasyondaki kuşların konumları rastgele seçilerek başlar ve ilk iterasyon sonucunda her bir çözümün uygunluk fonksiyonundan elde edilen değerlere göre sonraki iterasyonda kuşlar optimum değeri bulmak için sürekli konum ve hız bilgisi güncellenmektedir. PSO algoritması belirtilen iterasyon sayısı kadar en iyi çözümü aramaya devam etmektedir. Parçacıkların bir sonraki iterasyonda daha iyi sonuca ulaşabilmesi için parçacıkların en iyi sonuçları ve bu sonuçların koordinatları saklanmalıdır.

Parçacıklar reel değerli rastgele olarak üretilmiş n boyutlu arama uzayında hareket ederler. Durum uzayında her bir parçacığın V_{ij} hız vektörü ve X_{ij} pozisyon vektörlerine sahiptirler. Burada i parçacığı, j ise boyutu belirtmektedir. Parçacıklar bir sonraki iterasyonda daha iyi çözüme ulaşabilmesi için parçacıklar kendi en iyi pozisyonu (P_{best}) ile tüm parçacıklar tarafından elde edilen global en iyi pozisyon (g_{best}) vektörlerini bir sonraki iterasyon için saklanmaktadır. Denklem 5'te herhangi bir iterasyondaki i . parçacığa ait P_{best} vektörü gösterilmektedir.

$$P_{besti} = [P_{i1}, P_{i2}, \dots, P_{in}] \quad (5)$$

G_{best} vektörü ise tüm parçacıklar için aynıdır ve Denklem 6'da gösterilmektedir.

$$g_{best} = [g_1, g_2, \dots, g_n] \quad (6)$$

Sürüdeki parçacıklara ait hız (V_{ij}) ve konum vektörleri (X_{ij}) sırasıyla Denklem 7 ve 8'de gösterilmektedir.

$$V_{ij} = [V_{i1}, V_{i2}, \dots, V_{in}] \quad (7)$$

$$X_{ij} = [X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in}] \quad (8)$$

PSO algoritmasında parçacıkların hız değerleri her iterasyonda Denklem 9'a göre güncellenmektedir.

$$V_{ij}(t + 1) = w * V_{ij}(t) + c1r1 * [P_{besti}(t) - X_{ij}(t)] + c2r2 * [g_{best}(t) - X_{ij}(t)] \quad (9)$$

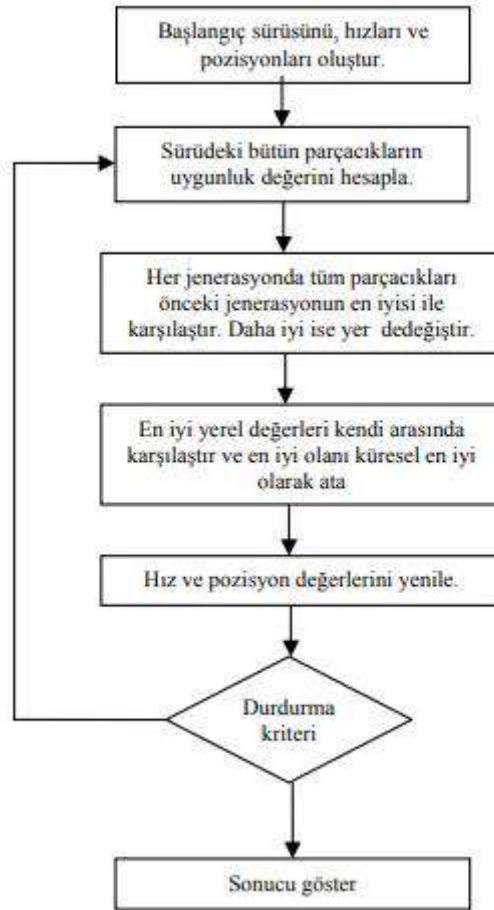
Denklem 9'daki $c1$ ve $c2$ genellikle $[0-2]$ aralığında seçilen hızlandırma katsayılarıdır, $r1$ ve $r2$ ise $[0-1]$ aralığında rastgele üretilen düzgün dağıtılmış sayılardır algoritmaya sezgisellik katmaktadır. w ise parçacığın hızlanmaya karşı gösterdiği atalet ağırlığını göstermektedir.

PSO algoritmasında bir sonraki iterasyonda parçacığın önceki konum değerine yeni hız değeri eklenerek parçacığın yeni konumu belirlenmektedir.

$$X_{ij}(t + 1) = X_{ij}(t) + V_{ij}(t + 1) \quad (10)$$

Özetle PSO algoritması, Denklem 9'da belirtilen parçacığın bir sonraki iterasyondaki hızı bulunarak, Denklem 10'a konular ve parçacığın bir sonraki konumu belirlenerek parçacık bu konuma hareket etmektedir.

Şekil 3'te PSO algoritmasının akış şeması gösterilmektedir.



Şekil 3. Parçacık sürü optimizasyon algoritmasının akış şeması.

Parçacık Sürü Optimizasyon Algoritmasının Probleme Uygulanması

Denklem 11'de Türkiye'de işletilmekte olan 22 baralı güç sisteminin yakıt maliyetini en aza indirmek için kullanılan amaç fonksiyonu belirtilmektedir. Amaç fonksiyonu;

$$AF = \text{Min} \sum_{i=1}^N (a_i + b_i P_i + c_i P_i^2) \quad (11)$$

Denklem 11’de belirtilen a_i , b_i ve c_i katsayıları, jeneratörlerin yakıt maliyet katsayılarıdır. Türkiye’de işletilmekte olan 22 baralı güç sisteminde 8 adet termik santral bulunmaktadır. Termik jeneratörlerin yakıt maliyet fonksiyonlarında yer alan a_i , b_i ve c_i katsayıları Tablo 1’de verilmektedir. PSO algoritmasının amacı, belirli değişken kısıtları altında Denklem 11’de verilen amaç fonksiyonunun minimize edilmesidir. EYD problemi için istenilen değişken kısıtları ise Denklem 12 ve 13’te belirtilmektedir. Kısıt fonksiyonları;

$$P_{Gi}^{min} \leq P_{Gi} \leq P_{Gi}^{max} \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^N P_{Gi} - P_D - P_L = 0 \quad (13)$$

Denklem 12’de belirtilen değişken kısıtı, EYD probleminde yükün talep ettiği gücü jeneratörlerin yakıt maliyeti minimize olacak şekilde güç dağıtımını yapılırken, jeneratörlerin üretebilecek sınır aralığında paylaşım yapılması gerektiğini belirtmektedir. Denklem 13’de ise jeneratörler, yükün talep ettiği güç ile elektrik enerjisi transferinde meydana gelen kayıpları karşılayacak şekilde güç üretmeleri gerektiğini belirtmektedir.

Denklem 13’te belirtilen P_{Gi} i . jeneratörün ürettiği aktif güç miktarını, P_D yükün talep ettiği güç miktarını, P_L ise kayıpları temsil etmektedir.

Türkiye 22 baralı güç sisteminde yükün sistemden talep ettiği toplam güç miktarı 2396.8 MW’tır. Sistemde meydana gelen kayıplar ise Denklem 14 ile ifade edilmiştir ve B kayıp matrisi ise Şekil 4’te gösterilmiştir.

$$P_L = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N P_i B_{ij} P_j \quad (14)$$

$$B_{2397MW} = \begin{bmatrix} 0.0064 & 0.0047 & -0.0007 & -0.0022 & -0.0031 & -0.0041 & -0.0041 & -0.0040 & -0.0061 \\ 0.0047 & 0.0054 & -0.0008 & -0.0023 & -0.0032 & -0.0041 & -0.0041 & -0.0040 & -0.0068 \\ -0.0007 & -0.0008 & 0.0021 & 0.0012 & 0.0005 & 0.0001 & 0.0001 & -0.0040 & 0.0023 \\ -0.0022 & -0.0023 & 0.0012 & 0.0040 & 0.0012 & 0.0015 & 0.0015 & 0.0001 & .00049 \\ -0.0031 & -0.0032 & 0.0005 & 0.0012 & 0.0037 & 0.0029 & 0.0029 & 0.0015 & 0.0052 \\ -0.0041 & -0.0041 & 0.0001 & 0.0015 & 0.0029 & 0.0065 & 0.0065 & 0.0028 & .00090 \\ -0.0041 & -0.0041 & 0.0001 & 0.0015 & 0.0029 & 0.0065 & 0.0067 & 0.0061 & 0.0090 \\ 0.00410 & -0.0040 & 0.0001 & 0.0015 & 0.0028 & 0.0061 & 0.0061 & 0.0063 & 0.0090 \\ 0.0061 & -0.0068 & 0.0023 & 0.0049 & 0.0052 & 0.0090 & 0.0090 & 0.0030 & 0.1475 \end{bmatrix}$$

Şekil 4. 2396.8 MW’lık yük durumunda sistemin B kayıp matrisi.

EYD probleminde jeneratörlerin yakıt maliyet fonksiyonunu en aza indirgeyecek şekilde, yükün talep ettiği güç (P_D), sistemde bulunan 8 jeneratör tarafından kısıt fonksiyonları göz önünde bulundurularak paylaşılacaktır. PSO algoritmasında 8 adet değişken bulunmaktadır. PSO algoritmasında sürü sayısı 100 olarak tercih edilmiştir. İlk başta parçacıkların konumları Denklem 15’de belirtilen alt ve üst sınır güç değerleri aralığında rastgele belirlenmektedir.

$$X_{ij}(t) = [u(ij) - (u(ij) - l(ij)) * rand] \quad (15)$$

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Türkiye’de işletilmekte olan 400 kV, 22 bara 8 jeneratörlü güç sisteminde EYD problemi, sezgisel bir yöntem olan PSO algoritması kullanılarak en az 40 kez çalıştırılmıştır. PSO algoritmasının ayar parametreleri Tablo 2’de belirtilmiştir.

Tablo 2. Parçacık sürü optimizasyon algoritmasının ayar parametreleri.

Algoritma	Sürü Boyutu	İterasyon Sayısı	c1	c2	r1	r2
PSO	100	3500	2	2	0.9	0.4

İterasyon sayısı algoritma sonucunun tam olarak oturması için yüksek tutulmuştur ve eğri Şekil 5’te gösterilmiştir. Sistemde bulunan yüklerin talep ettikleri 2396.8 MW’lık gücün, sistemin ekonomik işletilmesi göz önünde bulundurularak 8 jeneratör tarafından paylaştırılması problemi, sezgisel bir yöntem olan PSO algoritması tarafından en az 40 kez koşturulmuştur ve elde edilen sonuçlar, mevcut çalışma sonucu (Başaran 2004) ile birlikte Tablo 3’te gösterilmektedir.

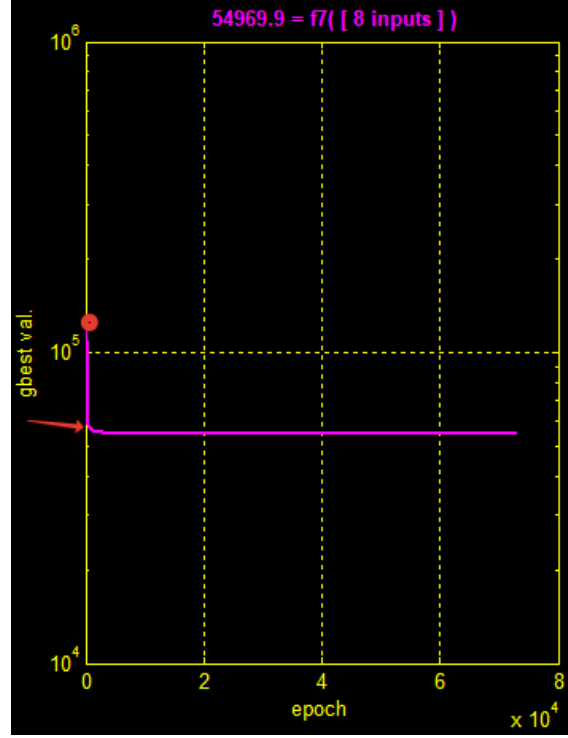
Tablo 3. Parçacı sürü optimizasyon algoritması sonucu ile mevcut çalışma sonucu.

Yöntem	PSO	Optimal Güç Akışı
Üretim Birimi		
Hamitabat (MW)	231.2768	258.8286
Ambarlı (MW)	325.0452	342.3329
Bursa Doğalgaz (MW)	413.8035	407.5843
Seyit Ömer (MW)	378.3170	387.6415
Soma B (MW)	223.9566	216.2947
Yeniköy (MW)	234.8906	225.4419
Kemerköy (MW)	372.5106	345.3485
Yatağan (MW)	275.6063	317.3852
Kayıplar (MW)	58.607	102.8526
Maliyet (\$/h)	54969.9	55630

Tablo 3’te elde edilen üretim değerleri sonucunda 2396.8 MW yük olduğunda, santrallerin toplam çıkış güçleri 2455.407 MW’dır. Bu durumda sistemdeki kayıp miktarı 58.607 MW olarak bulunmaktadır. Sistemin toplam üretim maliyeti, PSO algoritması sonucu bulunan, üretim birimlerinin çıkış güçleri kullanılarak, 54969.9 \$/h olduğu hesaplanmıştır.

Ekonomik dağıtım probleminde PSO algoritmasının bulduğu değerler ile mevcut çalışma olan Optimal Güç Akışı (OGA) yönteminin maliyet değerleri sonuçları, çekilen yük miktarının aynı olduğu durum için karşılaştırıldığında PSO algoritmasının sonucunda sistem maliyeti 660.1 \$/h azaldığı Tablo 3’te görülmektedir. Ayrıca üretim birimlerinin üreteceği güç değerleri düzgün seçildiğinde, sistemde güç transferi esnasında yaşanan kayıp miktarının da azaldığı görülmektedir. PSO algoritmasının sonucunda sistemde meydana gelen kayıplar, OGA yöntemin elde edilen kayıp sonuçları ile karşılaştırıldığında Tablo 3’te 44.2456 \$/h azaldığı gözükmemektedir.

PSO algoritmasının her bir iterasyondaki sistemin toplam yakıt maliyet değişim eğrisi Şekil 5’te gösterilmektedir.



Şekil 5. Parçacık sürü optimizasyon algoritmasının her bir iterasyondaki maliyet fonksiyonunun değişim eğrisi.

SONUÇLAR

Güç sisteminde talep edilen gücün artması ve talebin en uygun şekilde karşılanabilmesi için sistemin işletme analizi yapılmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye’de işletilme olan 22 baralı bir güç sisteminde EYD problemi PSO algoritması kullanılarak çözülmüştür. EYD probleminde talep edilen 2396.8 MW’lık gücü karşılayabilmek için güç sistemindeki jeneratörlerin birim yakıt maliyetleri yüksek olanların üretimlerinin azaltılması, birim yakıt maliyetinin düşük olan jeneratörlerin ise üretim değerleri artırılarak işletilmekte olan güç sisteminin toplam yakıt maliyeti en aza indirilebilir. Tablo 3’te, PSO algoritmasının vermiş olduğu sonuçlar ile mevcut çalışma sonuçları karşılaştırıldığında PSO’nun yakıt maliyeti açısından daha iyi sonucu verdiği (57969.9 \$/h) gözlemlenmiştir. PSO algoritmasının sonuçlarından faydalanarak jeneratörlerin üretilmesi planlanan güçler yapılan değişiklikler ile hatlardan akan güç değerleri değişeceğinden, güç transferi esnasında meydana gelen hat kayıplarını da optimize ederek sistemin işletilmesinde daha az kayıpların oluşmasını sağlamıştır. Bu durumda 22 baralı güç sisteminin, sezgisel bir yöntem olan PSO algoritması ile işletilmesi ekonomik açıdan daha uygun olduğunu göstermektedir. Bu yapılan çalışma ile güç sistemlerinde optimizasyon problemlerinden biri olan EYD probleminin çözülmesinde PSO’nun, optimal güç akışı yöntemine göre daha uygun sonuçlar verdiği görülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre güç sistemlerinde jeneratörlerin en az yakıt maliyeti ile işletilmesinde sezgisel yöntem olan PSO algoritmasının kullanılması ile sağlanabilmektedir.

KAYNAKÇA

- Cai, J., Ma, X., Li, L., Yang, Y., Peng, H., Wang, X.** (2007) Chaotic ant swarm optimization to economic dispatch. *Electric Power Systems Research*, 77(10), 1373-1380.
- Demirören A, Zeynelgil H. L.** (2002) Çevresel/Ekonomik Yük Dağıtımında Genetik Algoritmanın Kullanılması , *ELECO*, Türkiye.
- Duman S., Öztürk A.** (2010). Türkiye'deki Güç Sisteminde Tavlama Benzetimi, Genetik Algoritma Ve Tabu Araştırma Algoritmaları Kullanılarak Ekonomik Dağıtım. *Engineering Sciences*, 5(1), 64-78.
- Jeddi B. ve Vahidinasab V.** (2014) A Modified Harmony Search Method for Enviromental/Economic Load Dispatch of Real/World Power Systems, *Energy Conversion and Management*, c. 78, s. 1, ss. 661-675.
- Kennedy J., Eberhart R.** (1995) Particle Swarm Optimization, IEEE International Conferenceon Neural Networks, Perth, Australia, IEEE Service Center, Piscataway, NJ, 1942-1948.
- Mohamed A. F., Koivo N. H.** (2009) Environmental/Economic power dispatch of microgrid using Multiobjective optimization, International Conference on Renewable Energies and Power Quality'nde sunuldu, Valencia.
- Mousa A. A. A.** (2014) Hybrid Ant Optimization System for Multiobjective Economic Emission Load Dispatch Problem Under Fuzziness, *Swarm and Evolutionary Computation*, c. 18, s. 1, ss. 11-21.
- Prasanna, T. S., Somasundaram, P.** (2009) Multi-Area Security Constrained Economic Dispatch By Fuzzy-Stochastic Algorithms. *Journal of Theoretical & Applied Information Technology*, 5(1).
- Sinha, N., Chakrabarti, R., Chattopadhyay, P. K.** (2003) Evolutionary programming techniques for economic load dispatch. *IEEE Transactions on evolutionary computation*, 7(1), 83-94.
- Ü. Başaran** (2004) Türkiye'deki 380 kV'luk Enterkonnekte Güç Sisteminde Çeşitli Güç Akışı Ve Ekonomik Dağıtım Analizleri, Yüksek Lisans Tezi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye, 2004.
- Yalçınöz T. ve Short J. M.** (1998) Neural Networks Approach for Solving Economic Dispatch Problem With Transmission Capacity Constraints, *IEEE Transactions on Power Systems*, c. 13, s. 2, ss. 307-313.
- Younes M, Koridak L. A.** (2006) Economic Power Dispatch Using Evolutionary Algorithm, *Journal of Electrical Engineering*, c. 54, s. 4, ss. 211-217.

HORIZONTAL WIND TURBINE APPLICATION IN DOHA METRO, QATAR

Yasin Furkan Gorgulu^{1,}, Mustafa Arif Ozgur², Ramazan Kose³*

Research Assistant (Araştırma Görevlisi)¹, Professor (Profesör Doktor)², Professor(Profesör Doktor)³

^{1,2,3} Department of Mechanical Engineering, Kutahya Dumlupinar University, Kutahya, Turkey

ABSTRACT

In this study, a large amount of air flow is observed in “Doha Metro” which is created by the movement of the trains. Therefore, it is thought that waste but a new potential is that it can be used in generating electrical energy. In literature, similar studies have been found which are located in India, the US and China. However, this project differs from others with various preferences such as the sites of turbine location and type. Horizontal wind turbines are planned to be installed in spots in which air properties such as pressure, velocity and air flow are at their highest values. The turbines are considered to be installed on inner surface of the tunnel walls just between the train and the tunnel. For the study, Doha Metro’s Red Line has been chosen as a reference line which has the most potential when it is compared to other lines. Energy generation has been computed and the turbines have been installed to the cross-sectional area theoretically. Considering the actual industrial average price of electrical energy in Qatar, the financial value of the energy generation has been calculated and a feasibility study has been done.

Keywords: IRR, metro electricity generation, wind power.

1. INTRODUCTION

1.1. Energy Outlook in Qatar and Aims of the Study

Considering the energy outlook of Qatar, foremost natural gas and oil were the primary energy sources for electricity generation in 2018 and only small amount of electricity was generated by the renewable energy which is 1% [2]. In the future, due to the depletion of fossil fuels Qatar may become dependent to other countries in terms of energy source imports. In order to outcome these threats, new potential sources might be used. This study focuses on using existing but not used potentials. Idea is to generate electricity using the movement of the trains. The main aims of the study are uncovering the hidden potentials and raising the awareness all around the world.

* Corresponding author. Tel.: +90-553-208-22-53.

E-mail address: yasin.gorgulu@dpu.edu.tr (Yasin Furkan Gorgulu).

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Doha Metro and Defining the Pilot Line

Doha Metro has been taken as the reference metro company. It has been chosen depending on various features. One of them is convenience in finding official data about the metro company.

The selection of the pilot line (Red Line) has been done depending on several features which might affect the effectiveness of the energy generation positively or negatively.

Table 2.1 Numerical Values of the Doha Metro and the Red Line [3]

Line	Colour	Inaugural date	Length	Stations	Termini	Current Stock	Status
Red Line		08.05.2019	40 km	18	Lusail Hamad International Airport Al Wakra	Mitsubishi Corporation and Kinki Sharyo	Al Qassar to Al Wakra now open. Hamad International Airport, Katara, Qatar University and Lusail stations expected to open in 2019. Lusail and Legtaifiya tram stations expected to open in 2020.
Green Line		Expected 2019	22 km	11	Al Riffa Al Mansoura	Mitsubishi Corporation and Kinki Sharyo	Undergoing final safety and security tests.
Gold Line		Expected 2020	14 km	11	Al Azizyah Ras Bu Aboud	Mitsubishi Corporation and Kinki Sharyo	
Total			76 km	40			

The features such as the length of the deep tube, annual train count, station number have been considered and “Red Line” that bears the highest energy generating capacity within. Furthermore, technical suitability of Red Line also supports the project. From the table 2.1, it can be seen that Red Line has a deep tube with the length of 40 km, 18 stations. What is more, rolling stock sizes of Red Line trains can be accessible (Table 2.1 and figure 2.1).

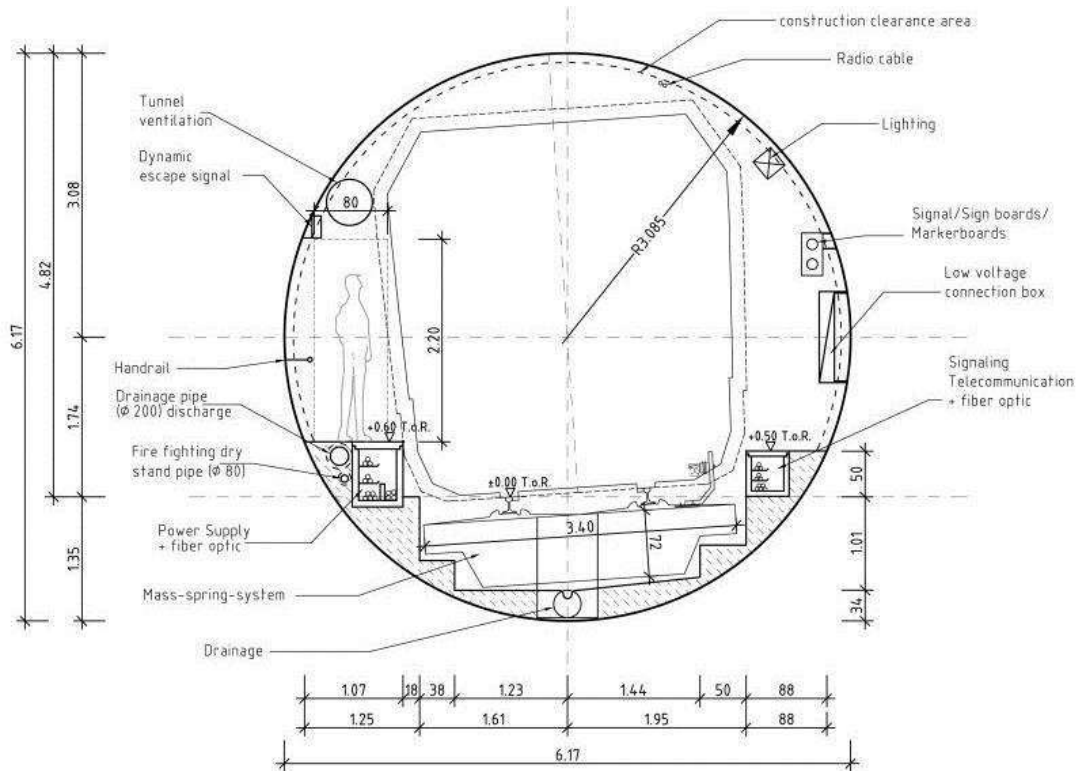
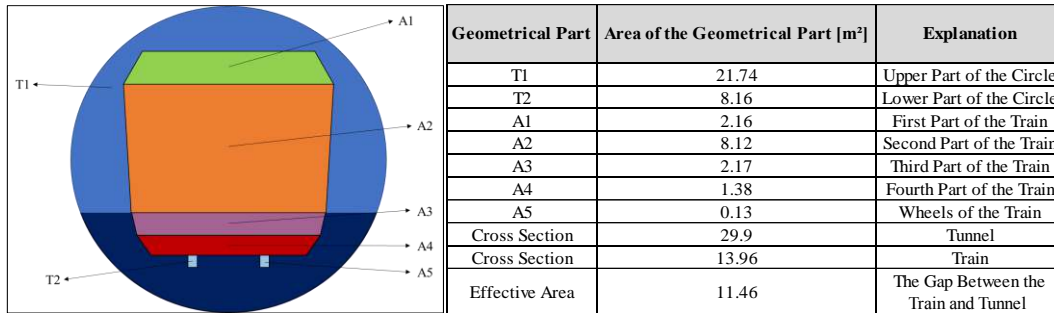


Figure 2.1 Doha Metro and Tunnel Cross Section [4]

2.2. Geometrical Suitability Approach

The first step of the geometrical suitability approach is to calculate train and tunnel geometries by reducing its parts into calculable geometrical parts. 2 methods have been taken into account in the way of finding the cross-sectional areas. The first method is less sensitive when it is compared to the second method. In table 2.2, the cross-sectional area is divided into several geometrical shapes. Then the dimensions and the area of the shapes approximated and calculated respectively. Table 2.2 demonstrates the calculations made for the geometrical suitability approach.

Table 2.2 Train and Tunnel Illustration with Geometrical Parts and Geometrical Approach Area Calculation Table



2.3. Solid Works Scaling Approach

The second method covers using a designing program called Solid Works (SW). On SW, a model of the train and the tunnel have been designed. Technical drawing of the train and tunnel have been taken and on SW, it has been used to approximate not-given dimensions. Therefore, in further calculations SW derived data have been used in order to have more accurate results. Figure 2.2 shows the scaling process and figure 2.2 illustrates the SW design progress.

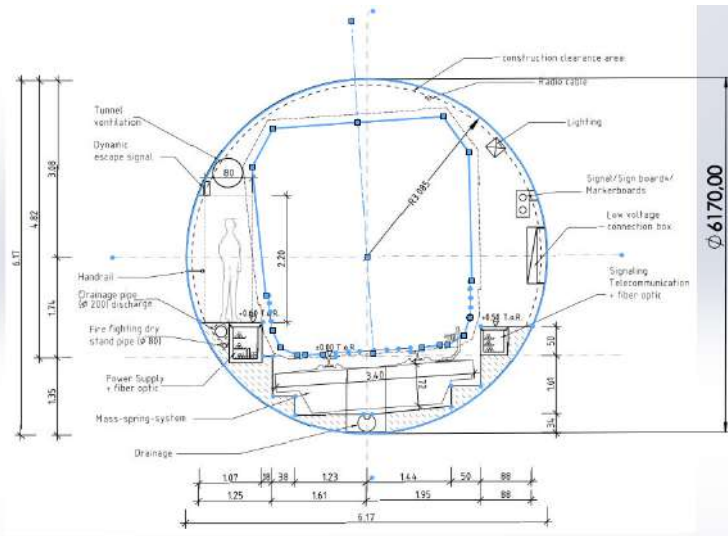


Figure 2.2 The Technical Drawing and the Projection Details of the Pilot Line [4]

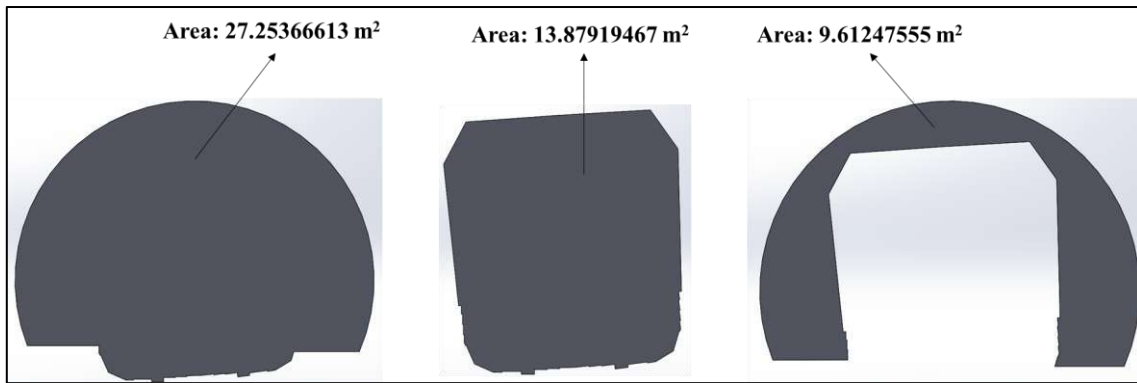


Figure 2.3 Tunnel and Train’s Cross-sectional Areas

In the calculations, the flow velocity which occurs in the gap between the tunnel and train (effective area) has been used. Table 2.3 summarises the figure changes between 2 approaches. SW Scaling Approach is more accurate that is why those data used in further calculations.

Table 2.3 Geometrical Suitability and SW Scaling Approach Comparisons

Comparison Parameters	Unit	Geometrical Suitability Approach	Solid Works Approach
Cross-sectional Area of the Train	m ²	13.96	13.87919467
Cross-sectional Area of the Tunnel	m ²	29.9	27.25366613
Effective Area	m ²	11.46	9.61247555

Data sheet about Red Line and some of the calculations have been given in table 2.4.

Table 2.4 Numerical Values of the Doha Metro and Red Line [3]

LINE	UNIT	RED LINE	EXPLANATIONS
Type		Deep Tube	
Track Gauge	mm	1435	
Time between Adjacent Stations	minutes	3	
Headway	minutes	5	
Number of Passengers	billion/day	600	Passengers trips per day
TUNNEL			
Tunnel Inner Diameter	mm	6170	
System Length	km	40	
Number of Stations	No	40	
TRAIN			
Train Cross-sectional Area	m ²	13.96	
Maximum Train Speed	km/h	100	
Maximum Train Speed	m/s	27.7	
Number of Cars	No	3	
Width of a Car	m	3	
Car Height	m	4	
CALCULATIONS			
Effective Cross-sectional Area	m ²	11.46	
Average Distance between Two Stations	m	2.14	Total route/Number of Stations
Maximum Air Velocity to the Back	m/s	40.1	

2.4. Theoretical Potential Approach and Calculations

As the train enters a tunnel, a volume of air is created every time because of the motion of the train in the tunnel. That volume of air is considered to move in opposite direction that the train does. Calculations have been done in direction of those principles. The flow velocity has been calculated with the help of continuity equation and it is assumed that the volume of the air as the same as volume of the train is perpendicular to train’s movement direction and it is also opposite. As the created air flow moves in opposite direction to the train, it will use the gap between the train and the tunnel to escape where wind turbines are installed. The friction

losses have been taken as negligible losses and therefore, the air flow discharged by the train is assumed to be as the same as the air flow which tries to escape through the train in the opposite direction. The air flow caused by the insertion of the train in the tunnel is always equal to the air flow occurring between the tunnel and the train during the train's movement. It is assumed that there are no the friction losses due to the air flows. Using continuity equation allows us to find flow velocity between the train and the tunnel which is needed for calculating the power generation of the turbines [5].

2.5. Defining the Suitable Turbine Types

The types of the wind turbines have been chosen as new-generation wind jet type turbines. It is known that the efficiency of the wind jet type wind turbines is much higher than ordinary wind turbines. Apart from that advantage it is also estimated that during the installation process of the wind jet type wind turbines, assembling and disassembling them would be easier [6]. Most wind turbines max out at 60% efficiency. The issue is that 40 percent of the wind passes around the blades of the windmill without actually turning the generator and making power. Here comes the FloDesign Wind Turbine to change all of that. By focusing the wind over the blades, it improves efficiency dramatically. A FloDesign Wind Turbine will generate the same amount of power as a conventional windmill with double its size [7]. This also means more wind turbines can be placed closer together, increasing output on a wind farm. In consideration of tunnel-train geometry and also the gap between the train and the tunnel, theoretical settlement of the wind turbines has been designed on a scaled technical drawing initially. In order to benefit from the maximum amount of energy generation rate, wind turbine sizes have been chosen in 4 types. As a result, 6 wind turbines with a diameter of 400 [mm], 3 wind turbines with a diameter of 600 [mm], 2 wind turbines with a diameter of 1000 [mm] and lastly 2 turbines with a diameter of 1200 [mm] have been installed. The designed wind turbine layout is given in the picture below (Figure 2.4).

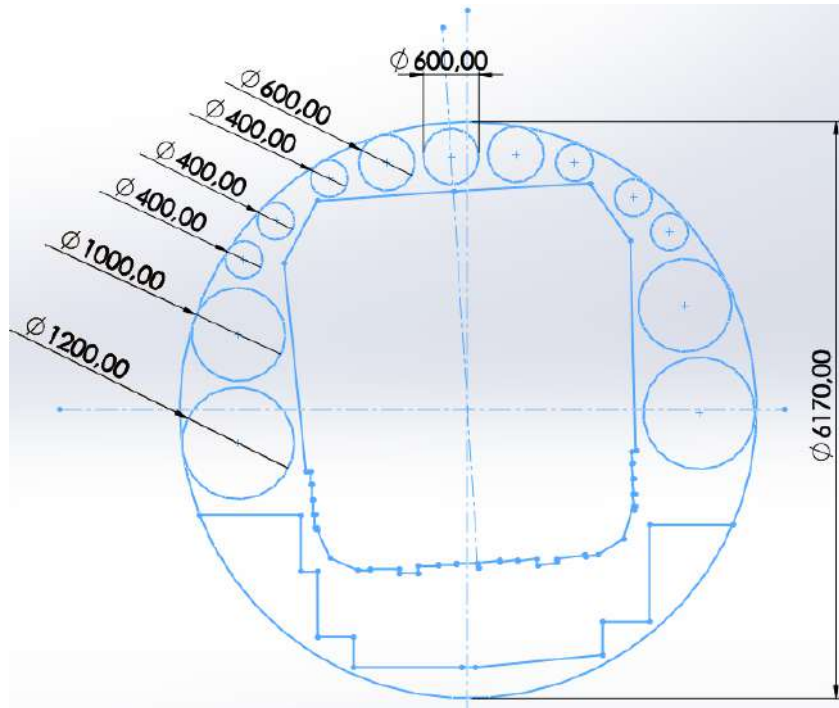


Figure 2.4 The Layout of the Turbines, Train and Tunnel

Results, Conclusions and Recommendations

2.6. Technical Results and Applicability

Considering the reference line's data, the train's intensive movement (a train in 2 minutes) and the train's speed; it can be seen from the velocity calculations that a high proportion of air flow occurs. When all of the losses of the train are neglected, it is calculated that air flow velocity can go up to 40.1 m/s whenever train reaches 100 km/h. That velocity might exceed the limit of conventional wind turbines (most of them can withstand up to 20 m/s) which is why in the project wind jet type wind turbines are considered to be used. What is more, these wind turbines are also more efficient than conventional wind turbines. The efficiency contrast between them is considerable while conventional turbines have 35 % efficiency, wind jet type wind turbines possess 45 % efficiency [1]. Horizontal axis wind turbines mostly suit the idea of the project and therefore horizontal axis wind turbines are thought to be installed to the gap between the train and the tunnel. The gap between the train and tunnel, the dimensions of the train and the tunnel and other found dimensions, have been scaled up in a technical drawing with the help of SW engineering designing program and the not-found dimensions have been tried to be determined. On the technical drawing, 13 wind turbines with 4 different diameters have been installed (see Figure 2.4). The unique side of the model is that from one set of turbines it is possible to generate 119,071 kWh electrical energy every year. In the calculations; in case of malfunctions and maintenance, operation duration of the wind turbines has been taken as 300 days instead of 365 days. The generated energy can be stored in batteries however; there is also another option which is called grid off system. Grid off system does not require the electrical energy stored. It directly uses the generated electrical energy and therefore, the energy is considered to be used directly in lighting and ventilation of the metro stations [1]. What is more, the total cost of the grid off system is also less risky and expensive than the other option with batteries. In order to calculate the generation of the electricity, Betz Limit or Betz' Law has been used [5]. Calculation chart has been given in table 3.1.

Table 3.1 Calculation Chart [9]

Formula	Calculation Result	Unit	Explanations
$V_a = v_0 \pm a_a \times t_{acc}$	$t_{acc} = 17.09$	s	Acceleration time
$x_{acc} = v_0 \times t_{acc} \pm 1/2 \times a_{acc} \times t_{acc}^2$	$x_{acc} = 189.84$	m	Acceleration distance
$v = v_0 - a_{dec} \times t_{dec}$	$t_{dec} = 19.5$	s	Deceleration time
$x_{dec} = v_0 \times t_{dec} \pm 1/2 \times a_{dec} \times t_{dec}^2$	$x_{dec} = 216.54$	m	Deceleration distance
$x_{acc} + x_{dec}$	406,38	m	Total acceleration and deceleration distance
$x_m = 1160 - (x_{acc} + x_{dec})$	$x_m = 753.62$	m	The train moves at maximum speed among this distance
$t_m = x/v = x_{dec}/v$	$t_m = 33.916$	s	Time apart from acceleration and deceleration (The train moves at maximum speed in this time interval)
$P_a = (1/2) \times A_v \times \rho \times C_p \times V^3$	$P_a = 119,071$	kWh	Annual electricity generation

2.7. Financial Results

The calculated amount of the energy (119,071 kWh) is based on the cost of Qatar's industrial electricity tariff and thus the annual income has been calculated. (Table 3.2) The industrial price of electricity for per unit has been taken as 0,13 Qatari Rial (QR) [10] and annual income has been calculated as 15,480 QR however; for this scenario 98,900 QR is needed for the investment. In the feasibility study, net present value is assumed as 3.5 % [1]. As the

economic lifetime of the turbines and equipment; 10, 15, 20 years have been taken in the financial calculations and in the literature, it is pointed out that the lifetime of the turbines and equipment are taken as 20 years [8]. As an amortisation method, accelerated amortisation method has been used in the calculations and 50 per cent of the amortisation expenses have been taken into account. In the direction of the assumptions mentioned above, feasibility calculations can be pointed out in table 3.2.

Table 3.2 Feasibility Results [9]

Parameters	Formulas	Results
Return on Investment (ROI)	$ROI = \frac{\text{Net Income} \times (\text{Gains} - \text{Costs})}{\text{Costs}}$	164,23%
Payback Period (PP)	$\text{Payback Period} = \frac{\text{Cost of Investment}}{\text{Annual Cash Flows}}$	6.38 Years
Internal Rate of Return (IRR)	$0 = R_0 + \frac{R_1}{1 + IRR} + \frac{R_2}{(1 + IRR)^2} + \frac{R_3}{(1 + IRR)^3} + \dots + \frac{R_n}{(1 + IRR)^n}$	14,72%
Net Present Value (NPV)	$NPV = \frac{R_1}{(1 + i)^1} + \frac{R_1}{(1 + i)^2} + \dots + \frac{R_1}{(1 + i)^n} - C$	81.000 QR

With the increase of 10 % in NPV and PP, the highest value is found for the income which means as the income rises NPV and PP are affected positively. To conclude from a financial perspective, changes in the cost of the investment and the amount of the income influence the results extremely. As a result, the feasibility result is affected by the cost of the investment and the amount of the income. A summarised generated electricity calculation chart has been given in table 3.3. At 17.1 the train completes its acceleration and until 51st second, the train keeps the same speed. Just after 51st second the deceleration starts and the train slows down. At 56th second, the train starts to leave the tunnel.

Table 3.3 Generated Electricity Calculation Chart [9]

Air Flow and Generated Power Calculation Chart									$P_a = (1/2) \times A_v \times \rho \times C_p \times V^3$				
Turbine Diameter (mm)	Air Density (kg/m ³)	Cross-Sectional Area of Tunnel (m ²)	Cross-Sectional Area of Train (m ²)	Effective Area (m ²)	Train Speed (m/s)	Blade Swept Area (m ²)	Flow Velocity (m/s)	Power Coefficient	Generated Power, Pa (Wh)	Time (s)	No of Turbines	Total Power (Wh/Cycle)	
400	1.122	29.9	13.96	11.46	13.85	0.1256	16.8713	0.45	152.3480	17.09	6	4.3393	
400	1.122	29.9	13.96	11.46	27.7	0.1256	33.7427	0.45	1.2187	33.9066	6	68.8747	
400	1.122	29.9	13.96	11.46	13.85	0.1256	16.8713	0.45	152.3480	19.49	6	4.9487	
600	1.122	29.9	13.96	11.46	13.85	0.2827	16.8713	0.45	342.7831	17.09	3	4.8818	
600	1.122	29.9	13.96	11.46	27.7	0.2827	33.7427	0.45	2.7422	33.9066	3	77.4840	
600	1.122	29.9	13.96	11.46	13.85	0.2827	16.8713	0.45	342.7831	19.49	3	5.5673	
1.000	1.122	29.9	13.96	11.46	13.85	0.7853	16.8713	0.45	952.17544	17.09	2	9.0403	
1.000	1.122	29.9	13.96	11.46	27.7	0.7853	33.7427	0.45	7.6174	33.9066	2	143.4890	
1.000	1.122	29.9	13.96	11.46	13.85	0.7853	16.8713	0.45	491.6319	19.49	2	5.3232	
1.200	1.122	29.9	13.96	11.46	13.85	1.1309	16.8713	0.45	1.3711	17.09	2	13.0181	
1.200	1.122	29.9	13.96	11.46	27.7	1.1309	33.7427	0.45	10.969	33.9066	2	206.6242	
1.200	1.122	29.9	13.96	11.46	13.85	1.1309	16.8713	0.45	707.9500	19.49	2	7.6655	
Total Power (Wh/1 pass)		551.2567		33 Turbines/set									
Total Power (Wh)		16,537.7010		A train in two min									
Total Power (kWh/day)		396.9048		24 Hours									
Total Power (kWh/annum)		119,071.4477		300 days/year									

2.8. Comments and Recommendations

- There are several potentials to use to generate electrical energy from off-shore and in-shore sources in the world and in Qatar.
- The air flow potential to produce electrical energy seems useful for undergrounds.
- It is needed to be simulated one of the turbines in the metro as a prototype to measure and define the potential of the electrical energy generation in the underground metros.
- It is needed that the new generation jet type turbines to test and to define their precise efficiency and suitability.

NOMENCLATURE

List of Abbreviations

PP: Payback Period	IRR: Internal Rate of Return
ROI: Return on Investment	Wh : Watts-hour
NPV: Net Present Value	kWh : Kilowatts-hour
SW: Solid Works	

List of Symbols

Q (m³/h): Air flow rate	P_a (W): Available power
A_T (m²): The cross-sectional area of the tunnel	A_v (m²): Swept area of the turbines
V_T (m³): The volume of the train	C_p : Betz limit
ρ (kg/m³): Air density in the tunnel	v_{ao} (m/s): Average train speed when accelerating
A_E (m²): Area of the gap between the train and tunnel	v_{do} (m/s): Average train speed when decelerating
v_H (m/s): The velocity of the air in the gap between the tunnel and the train	W_{eh} (kWh): Hourly energy generation
a_{acc} (m/s²): Acceleration of the train	W_{ed} (kWh): Daily energy generation
a_{dec} (m/s²): Deceleration of the train	W_{ea} (kWh): Annually energy generation
a_e (m/s²): Emergency deceleration of the train	NPV (QR): Net present value
x_{acc} (m): Distance among acceleration time	R₁,R₂,R_n (QR): Net income
x_{dec} (m): Distance among deceleration time	i (%) : Nominal discount rate in Qatar
x_m (m): The distance acceleration until the start of deceleration of the train	C (QR): Investment cost
t_{acc} (s): Acceleration time of the train	n (Years): Economical life of the equipment
t_{dec} (s): Deceleration time of the train	P_{ah} (kWh): Hourly generated power
v_a (m/s): The maximum air flow velocity	P_{ad} (kWh/day): Daily generated power
v₀ (m/s): Initial air flow velocity	P_{ay} (kWh/year): Annually generated power

3. REFERENCES

- [1] Gorgulu, Y. and Winfield, P. (2015). Generating Electrical Energy by Using Air Flow Occurrence in Underground Metros. MSc Dissertation Oxford Brookes University.
- [2] BP (2019). BP Statistical Review of World Energy 2019. [online] p.9. Available at: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf> [Accessed 23 Nov. 2019].
- [3] Corp.qr.com.qa. (2019). Doha Metro. [online] Available at: <https://corp.qr.com.qa/English/Projects/Pages/DohaMetro.aspx> [Accessed 23 Nov. 2019].
- [4] Tunnelling for Metro Doha/Qatar. (2019). [online] Available at: https://www.tunnel-online.info/download/468670/2012_Tunnel_05_Metro_Doha.pdf [Accessed 23 Nov. 2019].
- [5] MIT, (2015). Wind Power Wind Power Fundamentals. [online] Available at: <http://web.mit.edu/windenergy/windweek/Presentations/Wind%20Energy%2001.pdf> [Accessed 23 Nov. 2019].
- [6] Hurst, T. (2015). FloDesign Triples Efficiency of Traditional Wind Turbines | Crisp Green. [online] Crispgreen.com. Available at: <http://crispgreen.com/2009/09/flodesign-triples-efficiency-of-traditional-wind-turbines/> [Accessed 23 Nov. 2019].
- [7] Bullis, K. (2008). A Design for Cheaper Wind Power. [online] MIT Technology Review. Available at: <https://www.technologyreview.com/s/411274/a-design-for-cheaper-wind-power/> [Accessed 23 Nov. 2019].
- [8] Krohn, S., Morthorst, P. and Awerbuch, S. (2009). The Economics of Wind Energy. [ebook] EWEA The European Wind Energy Association, pp.1-156. Available at: http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/reports/Economics_of_Wind_Energy.pdf [Accessed 23 Nov. 2019].
- [9] Y. F. Gorgulu, P. H. Winfield, R. Kose, M. A. Ozgur, A. Gorgulu, O. O. Yolcan, O. Aydin, Generating Electrical Energy by Using Air Flow Occurrence on Horizontal Wind Turbines in Underground Metros; A Case Study in London, 8th International Advanced Technologies Symposium (IATS 2017), (8. Uluslararası İleri teknolojiler Sempozyumu), October 19-22, 2017, ch. 6, p. 1258-1266, Firat University, Elazig, Turkey.
- [10] GlobalPetrolPrices.com. (2019). Qatar electricity prices, March 2019 | GlobalPetrolPrices.com. [online] Available at: https://www.globalpetrolprices.com/Qatar/electricity_prices/ [Accessed 23 Nov. 2019].

SIGNIFICANCE OF RELATIONSHIPS BETWEEN HYDROCARBONS AND METALLIC ORE DEPOSITS IN OIL AND GAS EXPLORATION: PART I. GOLD DEPOSITS

Adil OZDEMIR

Adil Ozdemir Consulting, Ankara, Turkey

Yildiray PALABIYIK

Istanbul Technical University, Department of Petroleum and Natural Gas Engineering,
Istanbul, Turkey

ABSTRACT

Sedimentary basins are significant deposits for both fossil energy sources and metallic ore deposits. It has been reported in numerous studies that a close relationship exists between oil and gas reservoirs and metallic ore deposits. Besides, in many studies, it has been also determined that both source rocks and petroleum resources have a high amount of metal concentrations. On a regional scale, both gold deposits and hydrocarbon reservoirs or seeps are generally bounded by the same tectonic units of the basin and controlled by similar structures (especially regional anticlines, domes or paleo-highs). The results of the study show that hydrocarbons and gold ores derived from sediment pores during diagenesis are deposited by the co-transportation process by the same hydrothermal fluid and so, gold ores and organic matter in host rocks have a common source. In other words, organic- and gold-rich sediments in a sedimentary basin can be used as a source for both gold deposits and hydrocarbon reservoirs. Gold- and hydrocarbon-rich fluids derived from sediments consolidated as a result of topographic uplift and the compression of the basin laterally migrate across aquifers and head towards the boundaries of the basin and paleo-highs through the faults in the main- and sub-basin. Thus, they constitute gold deposits and hydrocarbon reservoirs characterized by different deposition and trapping mechanisms in different compartments. Gold ores are deposited in faults, fracture zones, and unconformity surfaces in the areas where ore-bearing fluids encounter appropriate geochemical barriers. Hydrocarbons accumulate in stratigraphic, lithological, and structural traps. Consequently, it has been inferred that, in the regions where operable-size gold deposits are located, they can be utilized as a shallow and reliable indicator for oil and gas exploration.

Keywords: oil and gas exploration, hydrocarbon, gold deposits, gold mineralization, geochemical indicator

1. INTRODUCTION

Oil and gas fields are mainly located in sedimentary basins with source rocks containing hydrogen-rich organic matter. Sedimentary basins enclose precious storage zones for both fossil energy sources and many metallic ore deposits. Ozdemir and Palabiyik (2019a) have stated that metallic ore deposits, which are capable of forming deposits of operable-size, are a

shallow and reliable indicator for the oil and gas accumulations and presented a diagram showing the occurrence and tectonic relationships between hydrocarbon accumulations and metallic ore deposits. In addition, a close relationship between hydrocarbons and gold deposits has been established in many studies listed as follows: Radtke and Scheiner (1970); Sverjensky (1984); Radtke (1985); Ilchik et al. (1986); Gorzhevskiy (1987); Parnel (1988); Nelson (1990); Berger and Bagby (1991); Pearcy and Burruss (1993); Gize and Manning (1993); Hulen (1993); Nicholson (1994); Kuehn and Rose (1995); Arehart (1996); Robb et al. (1997); Hulen et al. (1998); Zhuang et al. (1999); Hulen and Collister (1999); Emsbo et al. (1999); Mossman (1999); Parnell and McCready (2000); Sherlock (2000), Mastalerz et al. (2000); Drennan and Robb (2006); Bao and Guha (2007); Mossman et al. (2008); Schaefer et al. (2010); Bao (2011); Large et al. (2011); Gu et al. (2002, 2012); Gaboury (2013); Stein (2014); Wenzhi et al. (2015); Molnar et al. (2016); Migdisov et al. (2017); Frimmel (2018); Crede et al. (2019). In this study, the significance of relationships between hydrocarbons and gold deposits in oil and gas exploration has been examined through the carefully selected references.

2. THE RELATIONSHIP BETWEEN HYDROCARBONS AND GOLD DEPOSITS

It has been reported and illustrated that ore deposits and hydrocarbon reservoirs in the same sedimentary basin are formed as a result of joint transport and accumulation of metals and hydrocarbons occurred in the same sedimentary basin by the same fluid (Fig. 1) (Zuhang et al., 1999; Gu et al., 2012; Ozdemir and Palabiyik, 2019a). Gu et al. (2012) have investigated the links between oil reservoirs and gold mineralizations hosted by sedimentary rocks in the Youjiang Basin (South China) which contains both metallic ore deposits and oilfields. The results of the study point out that the gold deposits and hydrocarbon reservoirs in the Youjiang Basin are formed by the joint transport and accumulation of gold and hydrocarbons by a basic (alkaline) fluid. In the rift basin, deep-water-, organic matter-, and gold-rich mudstone, siltstone, and micrite have been assessed as sources for both gold deposits and paleo-petroleum reservoirs. Hydrocarbons and gold ores derived from sediment pores during diagenesis are deposited by the co-transportation process by the same hydrothermal fluid and so, gold ores and organic matter in host rocks have a common source. In other words, organic- and gold-rich sediments in a sedimentary basin can be evaluated as a source for both gold deposits and hydrocarbon reservoirs. Gold- and hydrocarbon-rich fluids generated from sediments consolidated as a consequence of topographic uplift and the compression of the basin laterally migrate across aquifers and head towards the boundaries of the basin and paleo-highs through the faults in the main- and sub-basin. Therefore, they compose of gold deposits and hydrocarbon reservoirs featured by diverse deposition and trapping mechanisms in different compartments. Gold ores are deposited in faults, fracture zones, and unconformity surfaces in the areas where ore fluids meet suitable geochemical barriers whereas hydrocarbons accumulate in stratigraphic, lithological, and structural traps. Deposition and accumulation zones of gold mineralization and hydrocarbon reservoirs are spatially different

to a certain extent due to their varying deposition and trapping mechanisms (Fig. 2). The Yanshanian orogeny has caused the Youjiang Basin rising to the surface along with folding and destruction of some hydrocarbon reservoirs in the basin, and transforming to bitumen at the surface (Gu et al., 2012). Organic matter and ore in host rocks have a common source (Fig. 3) (Bao, 2011).

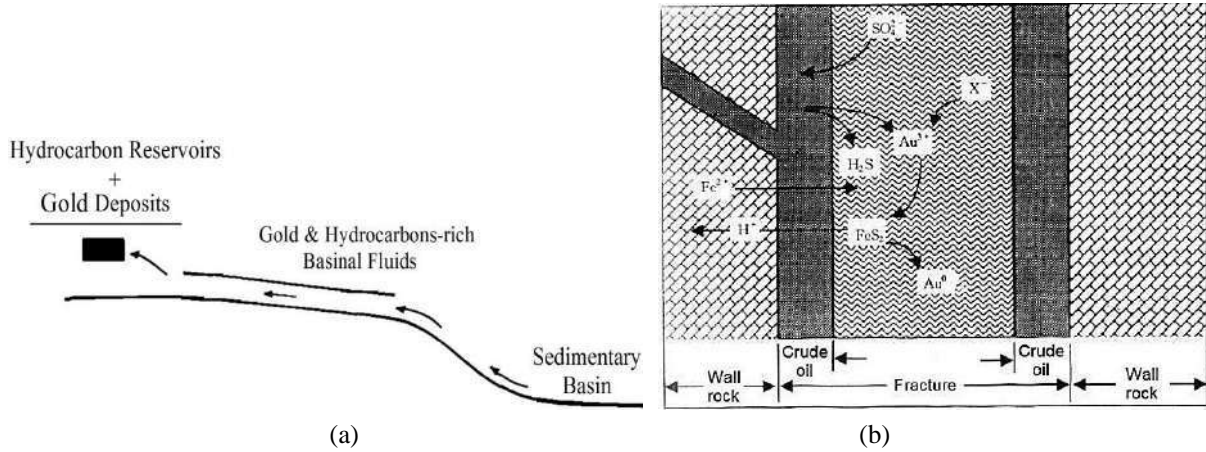


Fig. 1. a. Schematic representation of the formation of gold deposits and hydrocarbon reservoirs by the migration of gold- and hydrocarbon-rich basin fluids formed in a sedimentary basin (from Ozdemir and Palabiyik, 2019a). b. Interaction of crude oil with Au and precipitation of Au during the main mineralization stage of a gold deposit (Zuhang et al., 1999)

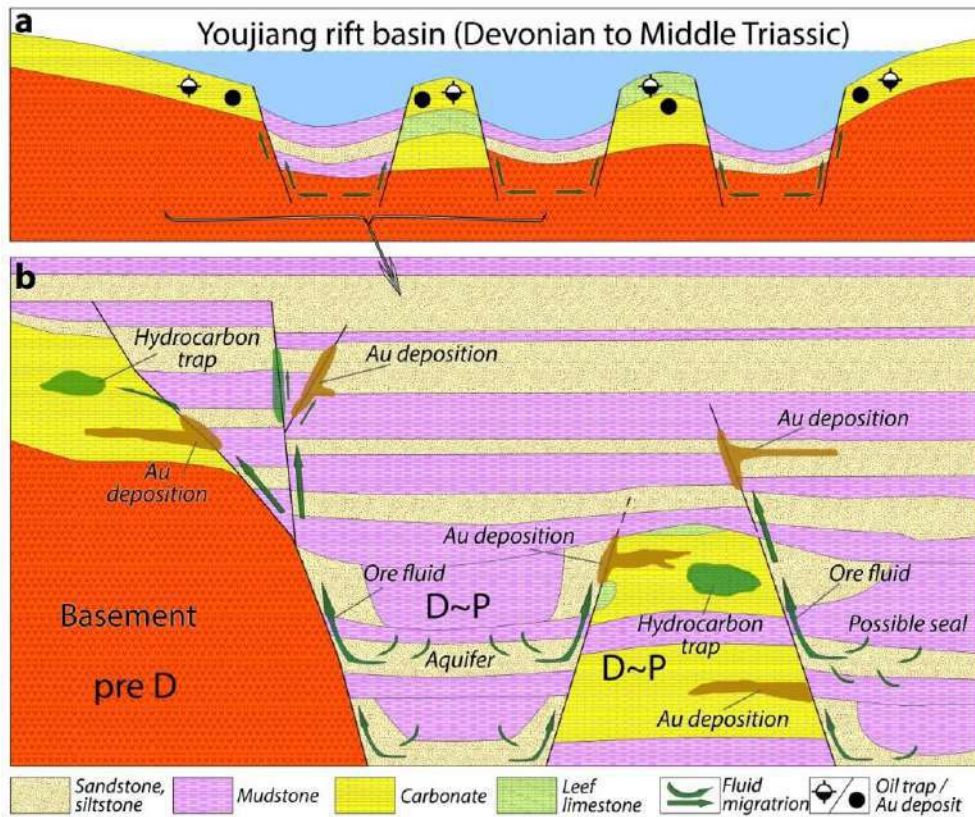


Fig. 2. Relationship between hydrocarbon accumulations and gold mineralization in a rift basin (from Gu et al., 2012)

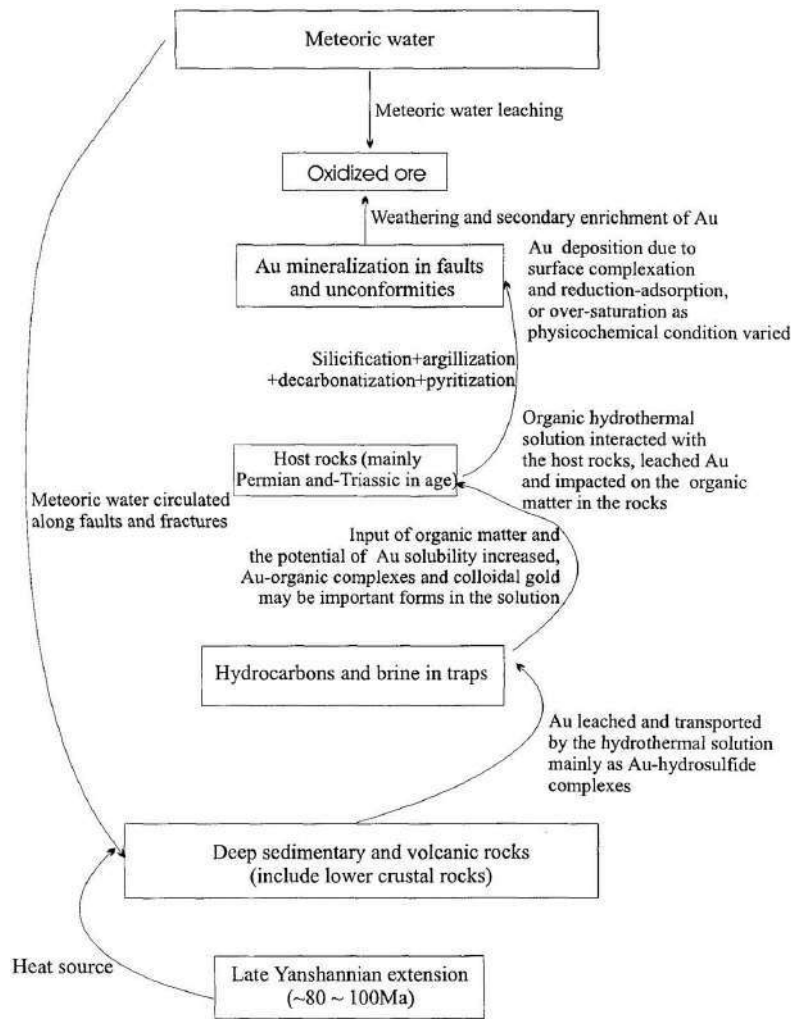


Fig. 3. The relationship between organic-rich rocks, which are hydrocarbon sources, and gold mineralization in Southwestern Guizhou Province, China (Bao, 2011)

Ozdemir and Palabiyik (2019a) have presented the hydrocarbon exploration results of two different regions in Turkey where there is no surface hydrocarbon manifestation (outcrop of source rocks, oil or gas seeps, oil and gas fields, etc.), however, gold deposits in operable-size are located. They have also mentioned that water resources in both regions contain mature petroleum hydrocarbons that originated from crude oil (petrogenic) above the allowable limit values for surface and subsurface waters (Fig. 4).

In the depositions, for a hand sample and on a microscopic scale, gold ores can be spatially related to hydrocarbons. Organic matter in sediments can occur in different forms such as kerogen, bitumen, solid carbon, hydrocarbon gas as well as free oil in significant amounts in cracks, fractures, and/or inclusions (Fig. 5) (Gize and Manning, 1993; Zhuang et al., 1999; Hulen and Collister, 1999; Parnell and McCready, 2000; Mastalerz et al., 2000; Drennan and Robb, 2006; Mossman et al., 2008; Bao, 2011; Molnar et al., 2016). Parnell and McCready (2000) have studied the paragenetic relationship between hydrocarbons and ores in many ore deposits in detail. It has been mentioned in this study that paragenetically close relations exist between gold mineralization and hydrocarbons/bitumen (Fig. 6).



Fig. 4. Relationship between gold mineralization and mature petroleum hydrocarbon-rich waters in Seferihisar Uplift (Izmir, Turkey) and Mamak-Hasanoğlan (Ankara, Turkey) regions (From Ozdemir and Palabiyik, 2019a)

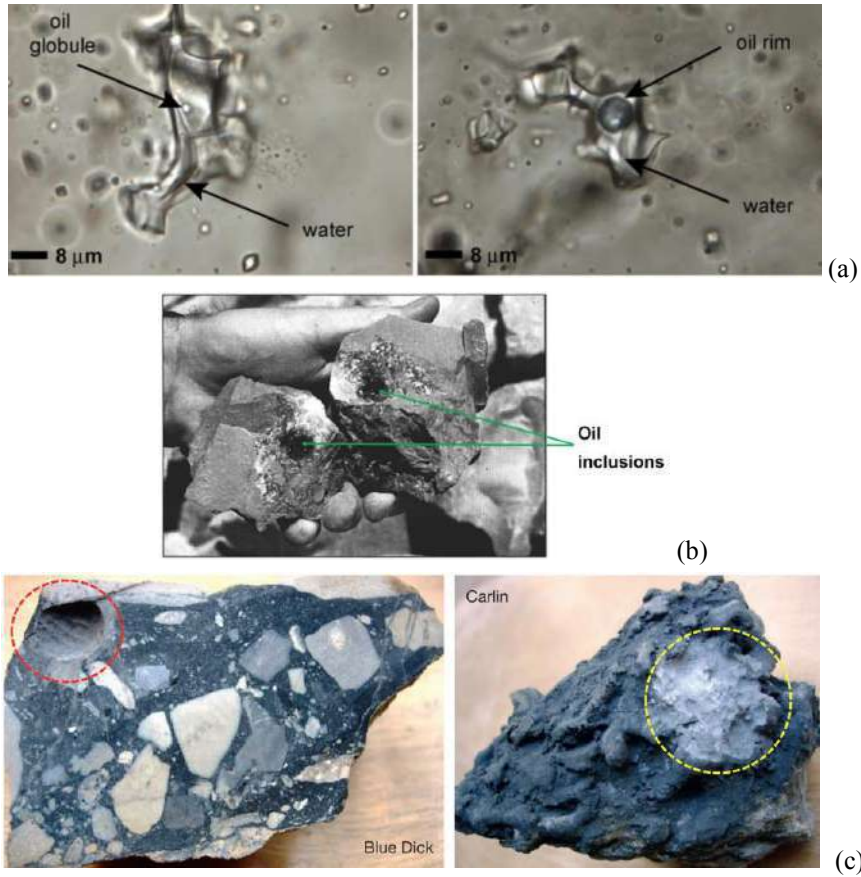


Fig. 5. Hydrocarbons in gold deposits in microscopic and macroscopic scale. a: Oil globules and rims in auriferous quartz veins (Mossman et al., 2008); b: Oil inclusions in auriferous calcite veins (Hulen and Collister, 1999). c: Two samples of Au ore containing bitumen from Carlin-type Au mineralization. Blue Dick sample is a polyolithic breccia cemented by hydrocarbon-rich matrix; drill pit outlined in red dashed circle is about 1 cm across and shows excavated hydrocarbon-rich matrix. Carlin sample is hydrocarbon in open-space coating brecciated host rock; drilled surface outlined in dashed yellow circle about 2 cm across shows hydrocarbon-rich separate (Stein, 2014).

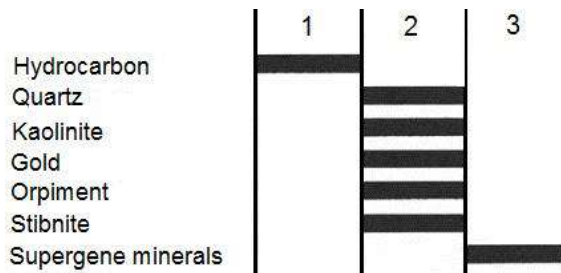


Fig. 6. Summary of paragenesis in gold-silver deposits in British Columbia (Parnell and McCready, 2000)

3. USE OF Re-Os ISOTOPE SYSTEM FOR DIRECT DATING OF HYDROCARBONS AND GOLD DEPOSITS AND CORRELATION WITH EACH OTHER

It is important to know the relationship between resources and host rocks while correlating gold deposits with hydrocarbons. Gold ores and hydrocarbon resources may have been occurred at the same age or at different ages (Figs, 6 and 7). In this case, the Re-Os

(Rhenium-Osmium) isotope system can be successfully used in the areas where metamorphism and orogenesis have destroyed structural relations. For this reason, this system can also be utilized to determine the age of both gold deposits and organic-rich rocks/hydrocarbons/oils (Cohen, 2004; Marques, 2012; Stein and Hannah, 2014; Ozdemir and Palabiyik, 2019b). The Re-Os isotope system has been used in many studies to determine the age of gold deposits (Stein et al., 1999, 2000; Arne et al., 2001; Zachariáš and Stein, 2001; Mathur, 2003; Kirk, 2004; Mikulski et al., 2005; Gang et al., 2005; McInnes et al., 2008; Mueller et al., 2008; Schaefer et al., 2010; Morelli et al., 2010; Bao, 2011; Bushmin et al., 2013; Mikulski and Stein, 2013; Liu et al., 2014; Yakubchuk et al., 2014; Maohong et al., 2015; Li et al., 2018; Wang et al., 2018; Zhai et al., 2019). Schaefer et al. (2010) and Bao (2011) have examined the relationship between gold deposits and hydrocarbons using the Re-Os isotope system. They have claimed that gold mineralization is related to hydrocarbons and gold mineralization occurs after the formation of hydrocarbons (Fig. 7).

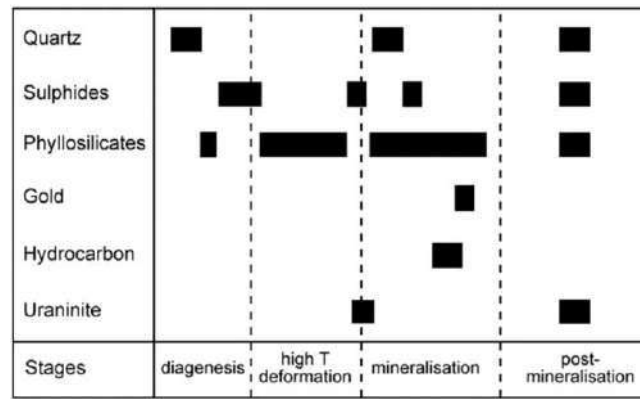


Fig. 7. The paragenetic sequence of mineralization within the Witwatersrand Basin (South Africa). Gold mineralization is associated with the single stage of hydrocarbon mineralization (Schaefer et al., 2010)

4. CONCLUSIONS

In this study, it has been observed that the tectonic and magmatic processes leading to the formation of gold deposits and hydrocarbon reservoirs are very well-matched. Besides, the formation of gold deposits and hydrocarbons have been determined to be closely related to each other. Therefore, it can be deduced that gold deposits in the same basin/region can be used as a shallow and reliable indicator for hydrocarbon exploration. As a result of Re-Os isotope analyses to be carried out in gold deposits and hydrocarbons in the same basin/region, geological ages of both gold deposits and hydrocarbons can be estimated and correlated with each other. This identified relationship allows us to better predict the locations of oil and gas reservoirs under the guidance of gold deposits. For this purpose, gold deposits formed by Tethyan metallogenesis can be taken as the main reference in oil and gas exploration since oil formation is associated with marine environments. Moreover, Re-Os isotope analysis can provide useful information on tectonic settings where both gold deposits and hydrocarbons are formed. Consequently, in the exploration of oil and gas reservoirs and the interpretation of

the tectonic history of the basin/region, the usage of the known gold deposits as a guide will be a new and reliable method for the determination of shallow and deep structures (traps) involved in oil and/or gas reservoirs likely to be discovered. For this purpose, in the basins/regions where there is no surface hydrocarbon indication (outcrop of source rocks, oil or gas seeps, oil or gas fields), but there are the gold deposits in operable scales, TPH (Total Petroleum Hydrocarbons) in water analysis (Ozdemir, 2018; 2019a,b,c) can be used as a more cost-effective and trustworthy oil and gas exploration method because it is considered that the proposed new technique (reservoir-targeted) will be able to increase the success ratio of discovery by decreasing risks and costs of oil and gas exploration which 10-20% success ratio (very-high risk) with classical organic geochemical methods (source rock-targeted).

REFERENCES

- Arehart, G.B., 1996. Characteristics and origin of sediment-hosted gold deposits: a review. *Ore Geology Review*, 11, 383-403
- Arne, D., Bierlein, F., Morgan, J.W., and Stein, H.J., 2001. Re-Os dating of sulfides associated with gold mineralization in central Victoria, Australia. *Economic Geology*, 96, 1455-1459
- Bao, Z., 2001. Geochemistry of the Sediment-hosted Disseminated Gold Deposits in Southwestern Guizhou Province, China. Universite du Quebec, PhD Thesis, 245 p.
- Bao, Z. and Guha, J., 2007. Metallogeny of the Lannigou sedimentary rock-hosted disseminated gold deposit in Southwestern Guizhou Province, China. *Acta Geologica Sinica*, 81(1), 121-134
- Berger, B.R. and Bagby, W.E., 1991. The geology and origin of Carlin-type gold deposits. *in* R. P. Foster (Ed.), *Gold Metallogeny and Exploration*, 210-248
- Bushmin, S.A., Belyatsky, B.V., Krymsky, R.S., Glebovitskii, V.A., Buiko, A.K., Savva, E.V., and Sergeev, S.A., 2013. Isochron Re-Os age of gold from Mayskoe gold-quartz vein deposit (Northern Karelia, Baltic Shield). *Doklady Earth Sciences*, 448, Part 1, 54-57
- Crede, L.S., Evans, K.A., Rempel, K.U., Brugger, J., Etschmann, B., Bourdet, J., and Reith, F., 2019. Revisiting hydrocarbon phase mobilization of Au in the Au-Hg McLaughlin Mine, Geysers/Clear Lake area, California, *Ore Geology Reviews*, doi: <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2019.103218>
- Cohen A.S., Coe A.L., Bartlett J.M., and Hawkesworth C.J., 1999. Precise Re-Os ages of organic-rich mudrocks and the Os isotope composition of Jurassic seawater. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 167, 159-173
- Drennan, G.R. and Robb, L.J., 2006. The nature of hydrocarbons and related fluids in the Witwatersrand Basin, South Africa: Their role in metal redistribution, *in* Reimold, W.U., and Gibson, R.L., *Processes on the early Earth: Geological Society of America Special Paper 405*, 353-385
- Emsbo, P., Hutchinson, R.W., Hofstra, A.H., Volk, J.A., Bettles, K.H., Baschuk, G.J., and Johnson, C.A., 1999. Syngenetic Au on the Carlin trend: implications for Carlin-type deposits. *Geology*, 27, 59-62
- Frimmel, H.E., 2018. Episodic concentration of gold to ore grade through Earth's history. *Earth-Science Reviews*, doi:10.1016/j.earscirev.2018.03.011
- Gaboury, D., 2013. Does gold in orogenic deposits come from pyrite in deeply buried carbon-rich sediments?: Insight from volatiles in fluid inclusions. *Geology*, 41, 1207-1210
- Gang, Y., Gang, Y., Jiangfeng, C., Wenjun, Q, Andao, D., and Wei, H., 2005. Re-Os dating of gold-bearing arsenopyrite of the Maoling gold deposit, Liaoning Province, Northeast China and its geological significance. *Chinese Science Bulletin*, 50(14) 1509-1514
- Gize, A.P. and Manning, D.A.C., 1993. Aspects of the organic geochemistry and petrology of metalliferous ores. *In* *Organic Geochemistry: Principles and Applications*, M.H. Engel and S.A. Macko (eds), 565-580
- Gorzhevskiy, D.I., 1987. On the role of organic matter in ore formation. *International Geology Review*, 29(2), 207-217

- Gu, X.X., Zhang, Y.M., Li, B.H., Dong, S.Y., Xue, C.J., and Fu, S.H., 2012. Hydrocarbon- and ore-bearing basinal fluids: a possible link between gold mineralization and hydrocarbon accumulation in the Youjiang basin, South China. *Miner Deposita*, 47:663-682
- Gu, X.X., Liu, J.M., Schulz, O., Vavtar, F., and Zheng, M.H., 2002. Syngenetic origin for the sediment-hosted disseminated gold deposits in NW Sichuan, China: ore fabric evidence. *Ore Geology Review*, 22, 91-116
- Hulen, J.B. and Collister, J.W., 1999. The oil-bearing, Carlin-type gold deposits of the Yankee basin, Alligator Ridge district, Nevada. *Economic Geology*, 94, 1029-1049
- Hulen, J.B., Collister, J.W., Stout, B., Curtiss, D.K., and Dahdah, N.F., 1998. The exhumed "Carlin-type" fossil oil reservoir at Yankee Basin. *JOM*, 50, 30-34. <https://doi.org/10.1007/s11837-998-0303-9>
- Hulen, J.B., 1993. Assessing the role of ancient and active geothermal systems in oil-reservoir evolution in the Eastern Basin and Range Province, Western USA. Office of Basic Energy Sciences, Division of Engineering and Geosciences, U.S. Department of Energy, 21 p.
- Ilchik, R.P., Brimhall, G.H., and Schull, H.W., 1986. Hydrothermal maturation of organic matter at the Alligator Ridge gold deposits, Nevada. *Economic Geology*, 81, 113-130
- Kirk, J.D., 2004. Rhenium-Osmium Systematics of Orogenic Gold Deposits through Geologic Time. The University of Arizona, Department of Geosciences, PhD Thesis, 105 p.
- Kuehn, C.A. and Rose, A.W., 1995. Carlin gold deposits, Nevada: Origin in a deep zone of mixing between normally pressured and overpressured fluids. *Economic Geology*, 90, 17-36
- Large, R.R., Bull, S.W., and Maslennikov, V.V., 2011. A carbonaceous sedimentary source-rock model for carlin-type and orogenic gold deposits. *Economic Geology*, 106, 331-358
- Li, S-D., Wang, Z-G, Wang, K-Y., Cai, W-Y., Peng, D-W., Xiao, L., and Li, J., 2018. Re-Os pyrite geochronological evidence of three mineralization styles within the Jinchang gold deposit, Yanji-Dongning Metallogenic Belt, Northeast China. *Minerals*, 8, 448, doi:10.3390/min8100448
- Liu, Y., Santosh, M., Li, S-R., and Guo, P., 2014. Stable isotope geochemistry and Re-Os ages of the Yinan gold deposit, Shandong Province, northeastern China. *International Geology Review*, 56(6), 695-710
- Liu, J., Dai, H., Zhai, D., Wang, J., Wang, Y., Yang, L., Mao, G., Liu, X., Liao, Y., Yu, C., and Li, Q., 2015. Geological and geochemical characteristics and formation mechanisms of the Zhaishang Carlin-like type gold deposit, western Qinling Mountains, China. *Ore Geology Reviews*, 64, 273-298
- Maohong, C., Jingwen, M., Chao, L., Zhiqiang, Z., and Yuan, D., 2015. Re-Os isochron ages for arsenopyrite from Carlin-like gold deposits in the Yunnan-Guizhou-Guangxi "Golden Triangle", southwestern China. *Ore Geology Reviews*, 64, 316-327
- Marques, J.C., 2012. Overview on the Re-Os isotopic method and its application on ore deposits and organic-rich rocks. *Geochimica Brasiliensis, Ouro Preto*, 26(1), 49-66
- Mastalerz, M., Bustin, R.M., Sinclair, A.J., Stankiewicz, B.A., and Thomson, M.L., 2000. Implications of hydrocarbons in gold-bearing epithermal systems: Selected examples from the Canadian Cordillera. *in: M. Glikson and M. Mastalerz (eds.) Organic Matter and Mineralisation: Thermal Alteration, Hydrocarbon Generation and Role in Metallogenesis*, 378-399
- Mathur, R., Ruiz, J., Herb, P., Hahn, L., and Burgath, K-P., 2003. Re-Os isotopes applied to the epithermal gold deposits near Bucaramanga, northeastern Colombia. *Journal of South American Earth Sciences*, 15, 815-821
- McInnes, B.I.A., Keays, R.R., Lambert, D.D., Hellstrom, J., and Allwood, J.S., 2008. Re-Os geochronology and isotope systematics of the Tanami, Tennant Creek and Olympic Dam Cu-Au deposits. *Australian Journal of Earth Sciences*, 55, 967-981
- Migdisov, A.A., Guo, X., Xu, H., Williams-Jones, A.E., Sun, C.J., Vasyukova, O., Sugiyama, I., Fuchs, S., Pearce, K., and Roback, R., 2017. Hydrocarbons as ore fluids. *Geochem. Persp. Lett.*, 5, 47-52
- Mikulski, S.Z. and Stein, H.J., 2013. Re-Os ages for sulphides from the (gold)-polymetallic deposits in the eastern metamorphic cover of the Karkonosze massif (SW Poland). 12th SGA Biennial Meeting 2013, Proceedings Volume, v. 1, 217-220

- Mikulski, S.Z., Markey, R.J., and Stein, H.J., 2005. Re-Os ages for auriferous sulfides from the gold deposits in the Kaczawa Mountains (SW Poland): in Mao, J. and Bierlein, F.P. (eds), *Mineral Deposit Research: Meeting the Global Challenge*, Springer, Berlin, 793-796
- Molnár, F., Oduro, H., Cook, N.D.J., Pohjolainen, E., Takács, A., O'Brien, H., Pakkanen, L., Johanson, B., and Wirth, R. 2016. Association of gold with uraninite and pyrobitumen in the metavolcanic rock hosted hydrothermal Au-U mineralisation at Rompas, Peräpohja Schist Belt, northern Finland. *Miner Deposita*, 51, 681-702
- Morelli, R.M., Bell, C.C., Creaser, R.A., and Simonetti, A., 2010. Constraints on the genesis of gold mineralization at the Homestake gold deposit, Black Hills, South Dakota from rhenium-osmium sulfide geochronology. *Miner Deposita*, 45, 461-480
- Mossman, D.J., 1999. Carbonaceous substances in mineral deposits: implications for geochemical exploration. *Journal of Geochemical Exploration*, 66, 241-247
- Mossman, D.J., Minter, W.E.L., Dutkiewicz, A., Hallbauer, D.K., George, S.C., Hennigh, Q., Reimer, T.O., and Horscroft, F.D., 2008. The indigenous origin of Witwatersrand "carbon". *Precambrian Research*, 164, 173-186
- Mueller, A.G., Hall, G.C., Nemchin, A.A., Stein, H.J., Creaser, R.A., and Mason, D.R., 2008. Archean high-Mg monzodiorite-syenite, epidote skarn, and biotite-sericite gold lodes in the Granny Smith-Wallaby district, Australia: U-Pb and Re-Os chronometry of two intrusion-related hydrothermal systems. *Mineralium Deposita*, 43, 337-362
- Nelson, C.E., 1990. Comparative geochemistry of jasperoids from Carlin-type gold deposits of the western United States. *Journal of Geochemical Exploration*, 36, 171-195
- Nicholson, K., 1994. Fluid chemistry and hydrological regimes in geothermal systems: a possible link between gold-depositing and hydrocarbon-bearing aqueous systems. in Parnell, J. (ed.), *Geofluids: Origin, Migration and Evolution of Fluids in Sedimentary Basins*. Geological Society Special Publication 78, 221-232
- Ozdemir, A., 2018b. Suda TPH (Toplam Petrol Hidrokarbonları) analizinin petrol ve doğalgaz arama amaçlı kullanımı: Türkiye'den ilk önemli sonuçlar (*Usage of TPH -Total Petroleum Hydrocarbons in water analysis for oil and gas exploration: First important results from Turkey*). *Journal of Engineering Sciences and Design of Suleyman Demirel University*, 6(4), 615-636 (English version full-text available: https://www.researchgate.net/profile/Adil_Oezdemir)
- Ozdemir, A., 2019a. Hasanoğlan (Ankara) petrol sisteminin organik hidrojeokimyasal kanıtları (*Organichydrogeochemical evidences of Hasanoğlan-Ankara petroleum system*). *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*. doi:10.5505/pajes.2018.12316 (English version full-text available: https://www.researchgate.net/profile/Adil_Oezdemir)
- Ozdemir, A., 2019b. Büyük Menderes grabeni (Batı Anadolu) Neojen öncesi petrol sisteminin organik hidrojeokimyasal kanıtları ve potansiyel kapanlar (*Organic hydrogeochemical evidence of pre-Neogene petroleum system of the Buyuk Menderes graben and potential traps, Western Turkey*). *European Journal of Science and Technology*, (16), 325-354 (English version full-text available: https://www.researchgate.net/profile/Adil_Oezdemir)
- Ozdemir, A., 2019c. Mamak (Ankara) çalışan petrol sisteminin jeokimyasal kanıtı olarak olgun hidrokarbonca zengin sular ve bölgedeki potansiyel kapan alanı (*Mature hydrocarbons-rich waters as geochemical evidence of working petroleum system of Mamak-Ankara and potential trap area in the region*). *European Journal of Science and Technology*, 17, 244-260 (English version full-text available: https://www.researchgate.net/profile/Adil_Oezdemir)
- Ozdemir, A. and Palabiyik, Y., 2019a. A shallow and reliable indicator for deep oil and gas accumulations in the subsurface: Metallic ore deposits. IV. International Congress of Scientific and Professional Studies - Engineering Sciences (BILMES EN), November 07 - 10, Ankara, Turkey (in press)
- Ozdemir, A. and Palabiyik, Y., 2019b. Use of Rhenium-Osmium (Re-Os) isotope for direct dating of organic-rich rocks and hydrocarbons/oils in petroleum geology: A review. ISPEC 4th International Conference on Engineering & Natural Sciences, October 18-20, Ankara, Turkey, 46-59

- Parnell, J., 1988. Metal enrichments in solid bitumens. *Miner Deposita*, 23, 191-199
- Parnell, J. and McCready, A., 2000. Paragenesis of gold- and hydrocarbon-bearing fluids in gold deposits. *in*: M. Glikson and M. Mastalerz (eds.) *Organic Matter and Mineralisation: Thermal Alteration, Hydrocarbon Generation and Role in Metallogenesis*, 38-52
- Pearcy, E.C. and Burruss, R.C., 1993. Hydrocarbons and gold mineralization in the hot-spring deposit at Cherry Hill, California. *in* J. Parnell, H. Kucha, P. Landais (editors), *Bitumens in Ore Deposits*, 117-137
- Radtke, A.S. 1985. Geology of the Carlin gold deposit, Nevada. US Geological Survey Professional Paper 1267, 124 p.
- Radtke, A.S. and Scheiner, B.J., 1970. Studies of hydrothermal gold deposition (I). Carlin gold deposit, Nevada: the role of carbonaceous materials in gold deposition. *Economic Geology*, 65, 87-102
- Robb, L.J., Charlesworth, E.G., Drennan, G.R., Gibson, R.L., and Tongu, E.L., 1997. Tectono-metamorphic setting and paragenetic sequence of Au-U mineralisation in the Archaean Witwatersrand Basin, South Africa. *Australian Journal of Earth Sciences*, 44(3), 353-371
- Schaefer, B.F., Pearson, D.G., Rogers, N.W., and Barnicoat, A.C., 2010. Re-Os isotope and PGE constraints on the timing and origin of gold mineralisation in the Witwatersrand Basin. *Chemical Geology*, 276, 88-94
- Sherlock, R., 2000. The association of gold-mercury mineralization and hydrocarbons in the coastal ranges of northern California. *in*: M. Glikson and M. Mastalerz (eds.) *Organic Matter and Mineralisation: Thermal Alteration, Hydrocarbon Generation and Role in Metallogenesis*, 378-399
- Stein H.J., 2014. Dating and Tracing the History of Ore Formation. *in* Holland H.D. and Turekian K.K. (eds.) *Treatise on Geochemistry, Second Edition, Vol. 13*, 87-118
- Stein, H.J. and Hannah, J., 2014. Rhenium-Osmium Geochronology: Sulfides, Shales, Oils, and Mantle. *Encyclopedia of Scientific Dating Methods*. 1-25, DOI 10.1007/978-94-007-6326-5_36-1
- Stein, H.J., Morgan, J.W., Markey, R.J., and Hannah, J.L., 1999. Re-Os dating of Au deposits in Precambrian terranes, *in* Cook, N.J. and Sundblad, K. (eds.), *Precambrian gold in the Fennoscandian and Ukrainian Shields and related areas: Au '99 Trondheim, Norway*, 144-147
- Stein, H.J., Morgan, J.W., and Scherstén, A., 2000. Re-Os dating of low-level highly-radiogenic (LLHR) sulfides: the Harnäs gold deposit, southwest Sweden records continental scale tectonic events. *Economic Geology*, 95(8), 1657-1671
- Sverjensky, D.A., 1984. Oil field brines as ore-forming solution. *Economical Geology*, 17, 23-37
- Wang, J., Wen, H., Li, C., Zhang, J., and Ding, W., 2018. Age and metal source of orogenic gold deposits in Southeast Guizhou Province, China: Constraints from Re-Os and He-Ar isotopic evidence. *Geoscience Frontiers* <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2018.05.012>
- Wenzhi, Z., Suyun, H., Wei, L., Tongshan, W., and Hua, J., 2015. The multi-staged “golden zones” of hydrocarbon exploration in superimposed petroliferous basins of onshore China and its significance. *Petroleum Exploration and Development*, 42(1), 1-13
- Yakubchuk, A., Stein, H.J., and Wilde, A., 2014. Results of pilot Re-Os dating of sulfides from the Sukhoi Log and Olympiada orogenic gold deposits, Russia. *Ore Geology Reviews*, 59, 21-28
- Zachariáš, J. and Stein, H.J., 2001. Re-Os ages of Variscan hydrothermal gold mineralizations, Central Bohemian metallogenic zone, Czech Republic, *in* Piestrzyński et al. (eds), *Mineral Deposits at the Beginning of the 21st Century*, Swets & Zeitlinger Publishers Lisse, p. 851-854
- Zhai, D., Williams-Jones, A.E., Liu, J., Selby, D., Li, C., Huang, X., Qi, L., and Guo, D., 2019. Evaluating the use of the molybdenite Re-Os chronometer in dating gold mineralization: Evidence from the Haigou deposit, Northeastern China. *Economic Geology*, 114(5), 897-915
- Zhuang, H.P., Lu, J.L., Fu, J.M., Ren, C.G., and Zou, D.G., 1999. Crude oil as carrier of gold: petrological and geochemical evidence from the Lannigou gold deposit in southwestern Guizhou, China. *Science China D: Earth Sciences*, 42, 216-224

SIGNIFICANCE OF RELATIONSHIPS BETWEEN HYDROCARBONS AND METALLIC ORE DEPOSITS IN OIL AND GAS EXPLORATION: PART II. COPPER DEPOSITS

Adil OZDEMIR

Adil Ozdemir Consulting, Ankara, Turkey

Yildiray PALABIYIK

Istanbul Technical University, Department of Petroleum and Natural Gas Engineering,
Istanbul, Turkey

ABSTRACT

Sedimentary basins are significant deposits for both fossil energy sources and metallic ore deposits. It has been reported in numerous studies that a close relationship exists between oil and gas reservoirs and metallic ore deposits. Besides, in many studies, it has been also determined that both source rocks and petroleum resources have a high amount of metal concentrations. On a regional scale, both copper deposits and hydrocarbon reservoirs or seeps are generally bounded by the same tectonic units of the basin and controlled by similar structures (especially regional anticlines, domes or paleo-highs). The results of the study show that hydrocarbons and copper ores derived from sediment pores during diagenesis are deposited by the co-transportation process by the same hydrothermal fluid and so, copper ores and organic matter in host rocks have a common source. In other words, organic- and copper-rich sediments in a sedimentary basin can be used as a source for both copper deposits and hydrocarbon reservoirs. Copper- and hydrocarbon-rich fluids derived from sediments consolidated as a result of topographic uplift and the compression of the basin laterally migrate across aquifers and head towards the boundaries of the basin and paleo-highs through the faults in the main- and sub-basin. Thus, they constitute copper deposits and hydrocarbon reservoirs characterized by different deposition and trapping mechanisms in different compartments. Copper ores are deposited in faults, fracture zones, and unconformity surfaces in the areas where ore-bearing fluids encounter appropriate geochemical barriers. Hydrocarbons accumulate in stratigraphic, lithological, and structural traps. Consequently, it has been deduced that, in the areas where operable-size copper deposits are located, they can be utilized as a shallow and reliable indicator for oil and gas exploration.

Keywords: oil and gas exploration, hydrocarbon, copper deposit, copper mineralization, geochemical indicator

1. INTRODUCTION

Oil and gas fields are mainly located in sedimentary basins with source rocks containing hydrogen-rich organic matter. Sedimentary basins feature notable reservoirs for both fossil energy sources and many metallic ore deposits. Ozdemir and Palabiyık (2019a) have expressed that metallic ore deposits, which enable to form deposits of operable-size, are a

shallow and reliable indicator for the oil and gas accumulations and presented a diagram showing the occurrence and tectonic relationships between hydrocarbon accumulations and metallic ore deposits. In addition, a close relationship between hydrocarbons with copper deposits has been promoted in many studies listed as follows: Kelly and Nishioka (1985); Eugster (1985); Jowett (1986); Sverjensky (1984, 1987); Rasilainen (1987); Gorzhevsky (1987); Schmitt (1988); Mauk and Hieshima (1992); Sawlowicz (1985, 1993); Manning and Gize (1993); Zentilli et al. (1997); Sun and Püttmann (2000); Rasmussen and Krapez (2000); Sawlowicz et al. (2000); Wilson et al. (2003); Selley et al. (2005); Hanley et al. (2005); Wilson and Zentilli (2006); Cisternas and Hermosilla (2006); Scott et al. (2006); El Desouky et al. (2007); Rieger et al. (2008); Wang et al. (2011); Taylor et al. (2013); Box et al. (2013); Broughton (2014); Oummouch et al. (2017); Oszczepalski et al. (2019); Whitehead (2019); Rainoldi et al. (2015, 2019) and their associated references. In this study, the significance of relationships between hydrocarbons and copper deposits in oil and gas exploration was investigated through the carefully selected references.

2. THE RELATIONSHIP BETWEEN HYDROCARBONS AND COPPER DEPOSITS

The results of the previous studies (Ozdemir and Palabiyik, 2019a; references in the introduction part) indicate that copper deposits and hydrocarbon reservoirs are formed in the same sedimentary basin are formed together by transport and accumulation in a basin of copper and hydrocarbons formed in the same sedimentary basin by the same fluid (Fig. 1). In the rift basin, deep-water, organic- and copper-rich rocks have been used as sources for both copper deposits and hydrocarbon reservoirs (Ozdemir and Palabiyik, 2019b).

Hydrocarbons and copper ores derived from sediment pores during diagenesis are deposited by the co-transportation process by the same hydrothermal fluid and so, copper ores and organic matter in host rocks have a common source. In other words, organic- and copper-rich sediments in a sedimentary basin can be used as a source for both copper deposits and hydrocarbon reservoirs. Copper- and hydrocarbon-rich fluids derived from sediments compacted as a result of topographic uplift and the compression of the basin laterally migrate across aquifers and head towards the boundaries of the basin and paleo-highs through the faults in the main- and sub-basin. Hence, they constitute copper deposits and hydrocarbon reservoirs characterized by different deposition and trapping mechanisms in different compartments. Copper ores are deposited in faults, fracture zones, and unconformity surfaces in the areas where ore-bearing fluids encounter appropriate geochemical barriers. Hydrocarbons accumulate in stratigraphic, lithological, and structural traps. Copper- and hydrocarbon-rich fluids derived from sediments consolidated as a result of topographic uplift and the compression of the basin laterally migrate across aquifers and head towards the boundaries of the basin and paleo-highs through the faults in the main- and sub-basin. Thus, they constitute copper deposits and hydrocarbon reservoirs characterized by different deposition and trapping mechanisms in different compartments. Young orogenies have caused

the basin uplift to the surface and folding, and destruction of some hydrocarbon reservoirs in the basin, and transforming to bitumen in the surface (Figs. 2 and 3).

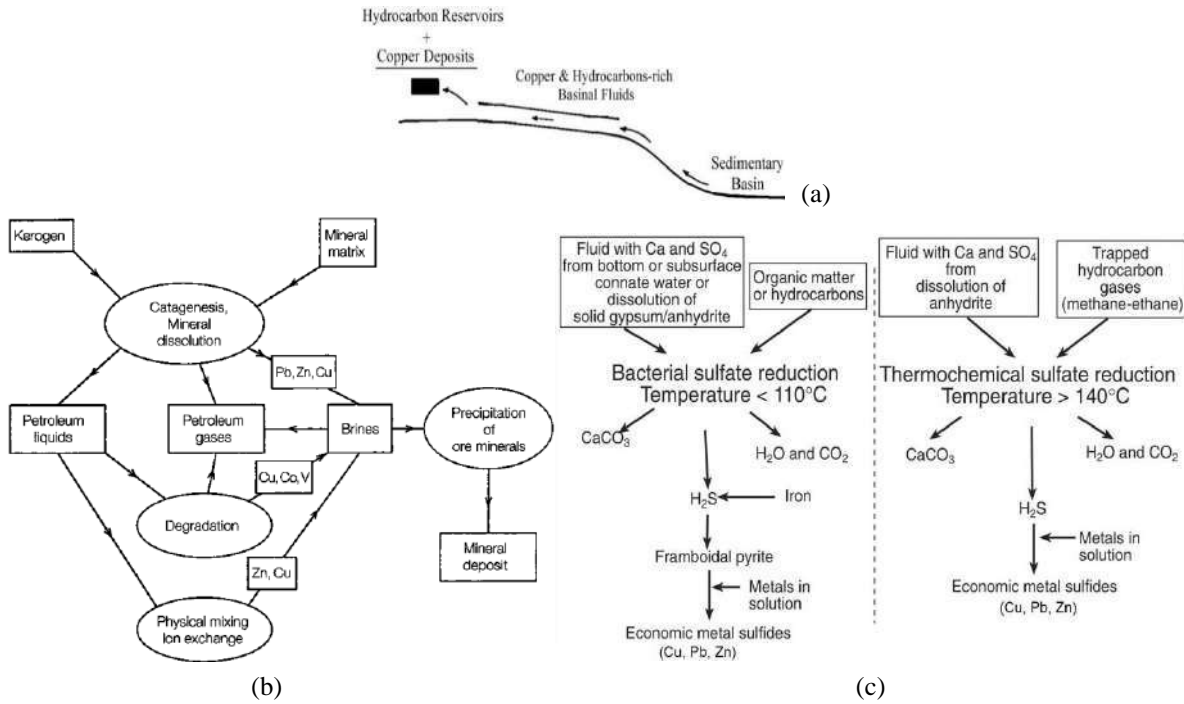


Fig. 1. (a) Schematic representation of the formation of copper deposits and hydrocarbon reservoirs by the migration of copper- and hydrocarbon-rich basin fluids formed in a sedimentary basin (from Ozdemir and Palabiyik, 2019a). The proposed models for the relationship between hydrocarbons and copper deposits (b. Manning and Gize, 1993; c. Warren, 2000'den)

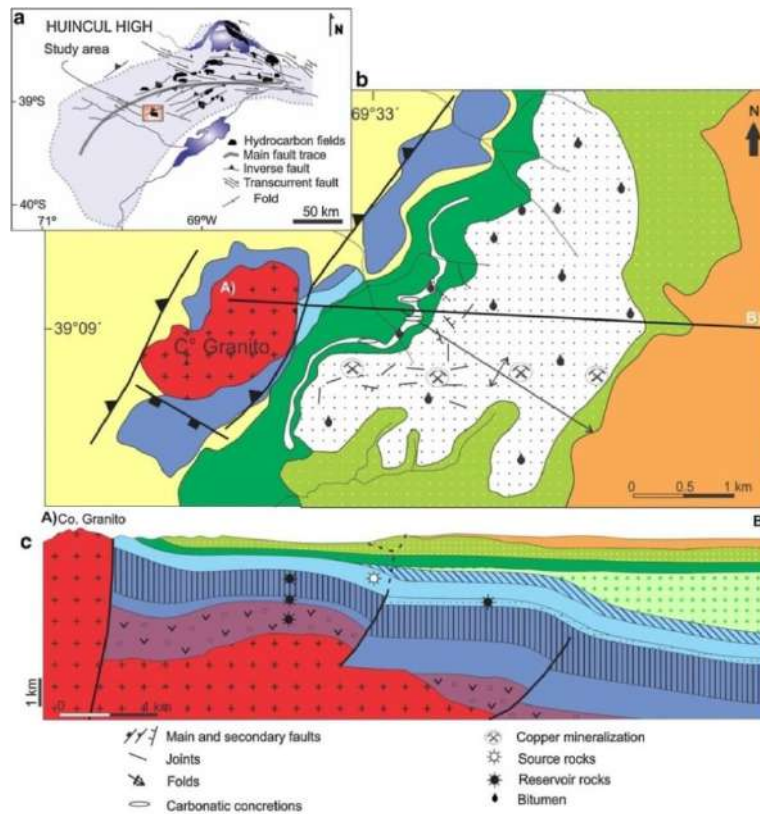


Fig. 2. Relationship between hydrocarbon accumulations and copper mineralization in Neuquén Basin, Argentina (Rainoldi et al., 2019)

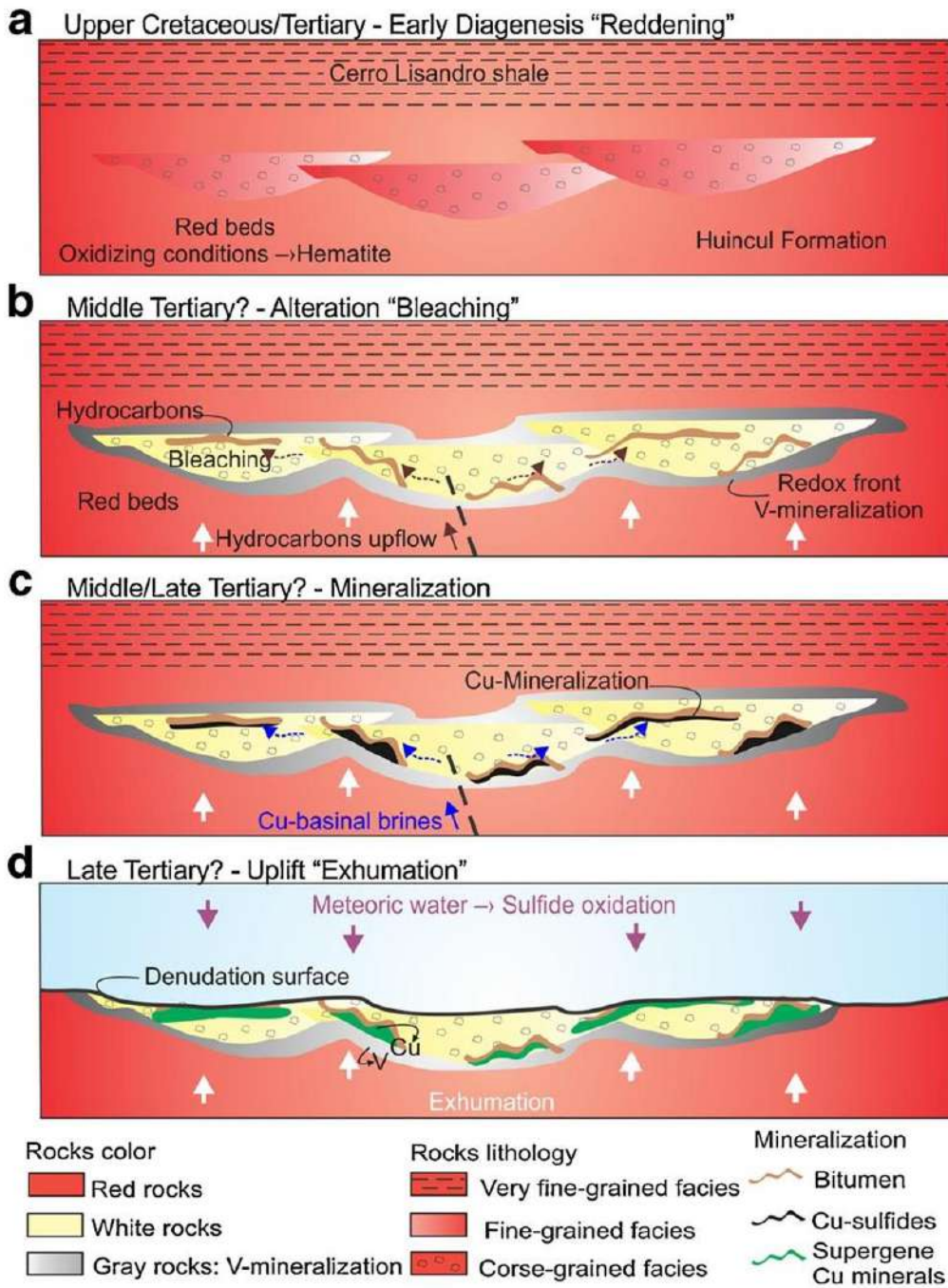


Fig. 3. Occurrence stages of copper mineralization in Neuquén Basin, Argentina (From Rainoldi et al., 2019)

In the depositions, for a hand sample and on a microscopic scale, copper ores can be spatially associated with hydrocarbons. Organic matter in sediments can occur in different forms such as kerogen, bitumen, solid carbon, hydrocarbon gas in addition to free oil in remarkable amounts in fractures and inclusions (Fig. 4) (Kelly and Nishioka, 1985; Mauk and Hieshima, 1992; Zentilli et al., 1997; Hanley et al., 2005; Wang et al., 2011; Birkeland, 2018; Rainoldi et al., 2015, 2019). It has been determined that there is a very close paragenetic relationship between copper mineralization and hydrocarbons/bitumen (Fig. 5) (El Desouky et al., 2007; Rainoldi et al., 2015, 2019)

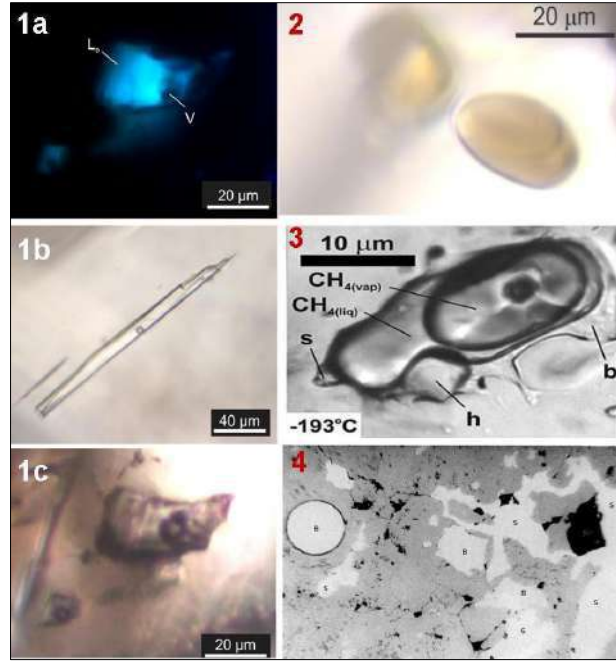


Fig. 4. Hydrocarbons in microscopic scale in copper deposits. Photomicrographs of hydrocarbon-bearing fluid inclusions (A: Rainoldi et al., 2019; B: Birkeland, 2018) and bitumen (petroleum) globules (C: Zentilli et al., 1997)

Compaction	■■■■■			
Pyrobitumen	■■■■■			
Feldspar Alter.	■■■■■			
Authigenic Q.	■■■■■			
Pyrite	■■■■■			
Arsenopyrite	■■■■■			
Sec. Calcite	■■■■■			
Feldspar Dissol.	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■
Chalcocopyrite		■■■■■		
Bornite		■■■■■		
Chalcocite		■■■■■		
Digenite			■■■■■	
Covellite			■■■■■	
Native Copper			■■■■■	
Cuprite				■■■■■
Malachite				■■■■■
Chrysocolla				■■■■■
Azurite				■■■■■
Hematite				■■■■■

Fig. 5. Summary of paragenesis in Lufukwe copper deposits (Democratic Republic of Congo) (El Desouky et al., 2007)

3. USE OF Re-Os ISOTOPE SYSTEM FOR DIRECT DATING OF HYDROCARBONS AND COPPER DEPOSITS AND CORRELATION WITH EACH OTHER

It is important to know the relationship between resources and host rocks when copper deposits are correlated with hydrocarbons. Ore and hydrocarbon resources may have been occurred at the same age or at different ages. In this case, the Re-Os (Rhenium-Osmium) isotope system can be successfully used in areas where metamorphism and orogenesis destroyed structural relations. The Re-Os isotope system is used to determine the age of both

copper deposits and organic-rich rocks/hydrocarbons/oils (Cohen, 2004; Marques, 2012; Stein and Hannah, 2014; Ozdemir and Palabiyik, 2019c). The Re-Os isotope system has been used in many studies to determine the age of copper deposits (Jingwen and Andao, 2002; Requia et al., 2003; Selley et al., 2005; Mathur et al., 2005; Zheng et al., 2007; Gregory et al., 2008; Selby et al., 2009; Box et al., 2013; Mirnejad et al., 2013; Zhang et al., 2015; Akbulut et al., 2016; Del Rio-Salas et al., 2017; Saintilan et al., 2018; Günay et al., 2019). Furthermore, Selley et al. (2005) have determined by using the Re-Os isotope system that the age of copper mineralization is well-matched with the age of hydrocarbon generation.

4. CONCLUSIONS

In this study, it is observed that the tectonic and magmatic processes leading to the formation of copper deposits and hydrocarbons are very harmonious. Hence, it is also determined that the formation of copper deposits and hydrocarbons is closely related to each other. Therefore, it can be deduced that copper deposits in the same basin/region can be used as a shallow and reliable indicator for hydrocarbon exploration. As a result of Re-Os isotope analyses to be conducted on copper deposits and hydrocarbons in the same basin/region, geological ages of both copper deposits and hydrocarbons can be estimated and correlated with each other. This identified relationship let us better predict the locations of oil and gas reservoirs under the guidance of copper deposits. That's why copper deposits formed by Tethyan metallogenesis can be taken as the main reference in oil and gas exploration since oil formation is associated with marine environments. Moreover, Re-Os isotope analysis can provide useful information on tectonic settings where both copper deposits and hydrocarbons are formed. To sum up, in the exploration of oil and gas reservoirs and the interpretation of the tectonic history of the basin/region, the usage of the known copper deposits as a guide will be a new and reliable method for determining shallow and deep structures (traps) involved in oil and/or gas reservoirs likely to be discovered. For this purpose, in the basins/regions where there is no surface sign (outcrop of source rocks, oil or gas seeps, oil or gas fields), but there are the copper deposits in operable scales, TPH (Total Petroleum Hydrocarbons) in water analysis (Ozdemir, 2018; 2019a,b,c) can be used as a more cost-effective and trustworthy oil and gas exploration method because it is considered that the proposed new technique (reservoir-targeted) will be able to increase the success ratio of discovery by decreasing risks and costs of oil and gas exploration which 10-20% success ratio (very-high risk) with classical organic geochemical methods (source rock-targeted).

REFERENCES

- Birkeland, A., 2018. Ore petrography and fluid evolution in the Cu-(Zn) VMS deposits at Sulitjelma, Northern Norway. The Arctic University of Norway, Department of Geology, MSc. Thesis, 80 p.
- Akbulut, M., Oyman, Tolga, Çiçek, M., Selby, D., Özgenç, I, and Tokçae, M., 2016. Petrography, mineral chemistry, fluid inclusion microthermometry and Re-Os geochronology of the Küre volcanogenic massive sulfide deposit (Central Pontides, Northern Turkey). *Ore Geology Reviews*, doi: 10.1016/j.oregeorev.2016.01.002

- Box, S.E., Syusyura, Boris, Seltmann, Reimar, Creaser, R.A., Dolgoplova, Alla, and Zientek, M.L., 2013. Dzhetskazgan and associated sandstone copper deposits of the Chu-Sarysu Basin, central Kazakhstan. *in* Hedenquist, J.W., Harris, Michael, Camus, Francisco, eds., *Geology and genesis of major copper deposits and districts of the World-A tribute to Richard H. Sillitoe: Society of Economic Geologists Special Publication 16*, 303-328
- Broughton, D.W., 2014. *Geology and ore deposits of the Central African Copperbelt*, Colorado School of Mines, PhD. Thesis, 174 p.
- Cisternas, M.E. and Hermosilla, J., 2006. The role of bitumen in strata-bound copper deposit formation in the Copiapo area, Northern Chile. *Miner Deposita*, 41, 339-355
- Cohen A.S., Coe A.L., Bartlett J.M., and Hawkesworth C.J., 1999. Precise Re-Os ages of organic-rich mudrocks and the Os isotope composition of Jurassic seawater. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 167, 159-173
- Del Rio-Salas, R., Ochoa-Landin, L., Valencia-Moreno, M., Calmus, T., Meza-Figueroa, D., Salgado-Souto, S., Kirk, J., Ruiz, J., and Mendivil-Quijada, H., 2017. New U-Pb and Re-Os geochronology of Laramide porphyry copper mineralization along the Cananea lineament, northeastern Sonora, Mexico: Contribution to the understanding of the Cananea copper district. *Ore Geology Reviews*, 81(3), 1125-1136
- El Desouky, H.A., Muchez, Ph., Dewaele, S., Boutwood, A., and Tyler, R., 2007. The Stratiform copper mineralization of the Lufukwe Anticline, Lufilian Foreland, Democratic Republic Congo. *Geologica Belgica*, 10(3-4), 148-151
- Eugster, H. P., 1985. Oil shales, evaporites and ore deposits. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 49, 619-635
- Gorzhevskiy, D.I., 1987. On the role of organic matter in ore formation. *International Geology Review*, 29(2), 207-217
- Gregory, M.J., Wilde, A.R., Schaefer, B.F., and Keays, R.R., 2008. Potassic alteration and veining and the age of copper emplacement at Mount Isa, Australia. *in* Mao, J. and Bierlein, F.P. (Eds.), *Mineral Deposit Research: Meeting the Global Challenge*, 755-758
- Günay, K., Dönmez, C., Oyan, V., Baran, C., Çiftçi, E., Parlak, O., Yıldırım, N., Deng, X., Li, C., Yıldırım, E., and Özkümüş, S., 2019. Geology, geochemistry and Re-Os geochronology of the Jurassic Zeybek volcanogenic massive sulfide deposit (Central Pontides, Turkey). *Ore Geology Reviews*, 111, <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2019.102994>
- Jingwen, M. and Andao, D., 2002. The 982 Ma Re-Os age of copper-nickel sulfide ores in the Baotan area, Guangxi and its geological significance. *Science in China (Series D)*, 45(10), 911-920
- Jowett, E.C., 1986. Genesis of Kupferschiefer Cu-Ag deposits by convective flow of Rotliegend brines during Triassic rifting, *Economic Geology*, 81, 1823-1837
- Kelly, W.C. and Nishioka, G.K., 1985. Precambrian oil inclusions in late veins and the role of hydrocarbons in copper mineralization at White Pine, Michigan. *Geology*, 13, 334-337
- Manning, D.A.C. and Gize, A.P., 1993. The role of organic matter in ore transport processes. *In* *Organic Geochemistry: Principles and Applications*, M.H. Engel and S.A. Macko (eds), 547-563
- Marques, J.C., 2012. Overview on the Re-Os isotopic method and its application on ore deposits and organic-rich rocks. *Geochimica Brasiliensis, Ouro Preto*, 26(1), 49-66
- Mathur, R., Titley, S., Ruiz, J., Gibbins, S., and Friehauf, K., 2005. A Re-Os isotope study of sedimentary rocks and copper-gold ores from the Ertsberg District, West Papua, Indonesia. *Ore Geology Reviews*, 26, 207-226
- Mauk, J.L. and Hieshima, G.B., 1992. Organic matter and copper mineralization at White Pine, Michigan, U.S.A. *Chemical Geology*, 99, 189-211
- Mirnejad, H., Mathur, R., Hassanzadeh, J., Shafie, B., and Noural, S., 2013. Linking cu mineralization to host porphyry emplacement: Re-Os ages of molybdenites versus U-Pb ages of zircons and sulfur isotope compositions of pyrite and chalcopyrite from the IJU and sarkuh porphyry deposits in southeast Iran. *Economic Geology*, 108, 861-870
- Oszczepalski, S., Speczik, S., Zieliński, K., and Chmielewski, A., 2019. The Kupferschiefer deposits and prospects in SW Poland: Past, present and future. *Minerals*, 9, 592

- Oummouch, A., Essaifi, A., Zayane, R., Maddi, O., Zouhair, M., and Maacha, L., 2017. Geology and metallogenesis of the sediment-hosted Cu-Ag deposit of Tizert (Igherm Inlier, Anti-Atlas Copperbelt, Morocco). *Geofluids*, Article ID 7508484, 19 p.
- Ozdemir, A., 2018. Suda TPH (Toplam Petrol Hidrokarbonları) analizinin petrol ve doğalgaz arama amaçlı kullanımı: Türkiye'den ilk önemli sonuçlar (*Usage of TPH -Total Petroleum Hydrocarbons in water analysis for oil and gas exploration: First important results from Turkey*). *Journal of Engineering Sciences and Design of Suleyman Demirel University*, 6(4), 615-636 (English version full-text available: https://www.researchgate.net/profile/Adil_Oezdemir)
- Ozdemir, A., 2019a. Hasanoğlan (Ankara) petrol sisteminin organik hidrojeokimyasal kanıtları (*Organichydrogeochemical evidences of Hasanoğlan-Ankara petroleum system*). *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*. doi:10.5505/pajes.2018.12316 (English version full-text available: https://www.researchgate.net/profile/Adil_Oezdemir)
- Ozdemir, A., 2019b. Büyük Menderes grabeni (Batı Anadolu) Neojen öncesi petrol sisteminin organik hidrojeokimyasal kanıtları ve potansiyel kapanlar (*Organic hydrogeochemical evidence of pre-Neogene petroleum system of the Buyuk Menderes graben and potential traps, Western Turkey*). *European Journal of Science and Technology*, (16), 325-354 (English version full-text available: https://www.researchgate.net/profile/Adil_Oezdemir)
- Ozdemir, A., 2019c. Mamak (Ankara) çalışan petrol sisteminin jeokimyasal kanıtı olarak olgun hidrokarbonca zengin sular ve bölgedeki potansiyel kapan alanı (*Mature hydrocarbons-rich waters as geochemical evidence of working petroleum system of Mamak-Ankara and potential trap area in the region*). *European Journal of Science and Technology*, 17, 244-260 (English version full-text available: https://www.researchgate.net/profile/Adil_Oezdemir)
- Ozdemir, A. and Palabiyik, Y., 2019a. A shallow and reliable indicator for deep oil and gas accumulations in the subsurface: Metallic ore deposits. IV. International Congress of Scientific and Professional Studies - Engineering Sciences (BILMES EN), November 07 - 10, Ankara, Turkey (in press)
- Ozdemir, A. and Palabiyik, Y., 2019b. A new approach to petroleum source rock occurrence: The relationships between ophiolites, mantle plume, mass extinction and petroleum source rock. IV. International Congress of Scientific and Professional Studies - Engineering (BILMES EN), November 07 - 10, 2019, Ankara, Turkey (in press)
- Ozdemir, A. and Palabiyik, Y., 2019c. Use of Rhenium-Osmium (Re-Os) isotope for direct dating of organic-rich rocks and hydrocarbons/oils in petroleum geology: A review. ISPEC 4th International Conference on Engineering & Natural Sciences, October 18-20, Ankara, Turkey, 46-59
- Rainoldi, A.L., Franchini, M.B., Boyce, A.J., Giusiano, A., Cesaretti, N.N., Pons, J., and Ríos, F.J., 2019. Stable isotope and fluid inclusion study of sediment-hosted stratiform copper deposits from the Neuquén Basin, Argentina. *Mineralium Deposita*, 54(3), 415-436
- Rainoldi, A.L., Franchini, M., Beaufort, D., Mozley, P., Giusiano, A., Nora, C., Patrier, P., Impicini, A., and Pons, J., 2015. Mineral reactions associated with hydrocarbon paleomigration in the Huincul High, Neuquén Basin, Argentina. *GSA Bulletin*, 127 (11-12), 1711-1729
- Rasilainen, K., 1987. Hydrocarbons in the Saviä volcanic schist zone, central Finland. *Bulletin of the Geological Society of Finland*, 59 (1-2), 109-115
- Rasmussen, B. and Krapez, B., 2000. Evidence of hydrocarbon and metalliferous fluid migration in the Palaeoproterozoic Earahedy Basin of Western Australia. *Journal of the Geological Society*, 157(2), 355-366
- Requia, K., Stein, H., Fontboté, L., and Chiaradia, M., 2003. Re-Os and Pb-Pb geochronology of the Archean Salobo iron oxide copper-gold deposit, Carajás mineral province, northern Brazil. *Mineralium Deposita*, 38(6), 727-738
- Rieger, A., Schwark, L., Cisternas, M.E., and Miller, A.H., 2008. Genesis and evolution of bitumen in Lower Cretaceous lavas and implications for strata-bound copper deposits, North Chile. *Economic Geology*, 103, 387-404

- Saintilan, N.J., Selby, D., Creaser, R.A., and Dewaele, S., 2018. Sulphide Re-Os geochronology links orogenesis, salt and Cu-Co ores in the Central African Copperbelt. *Scientific Reports*, 8, 14946
- Sawlowicz, Z., Gize, A.P., and Rospondek, M., 2000. Organic matter from Zechstein copper deposits (Kupferschiefer) in Poland. *in: M. Glikson and M. Mastalerz (eds.) Organic Matter and Mineralisation: Thermal Alteration, Hydrocarbon Generation and Role in Metallogenesis*, 220-242
- Sawlowicz, Z., 1993. Organic matter and its significance for the genesis of the copper-bearing shales (Kupferschiefer) from the Fore-Sudetic monocline (Poland). *In: J. Parnell et al. (eds). Bitumens in are Deposits*, Springer-Verlag, Berlin, 431-446
- Sawlowicz, Z., 1985. Significance of metalloporphyrins for the metal accumulation in the copper-bearing shales from the Zechstein copper deposits, Poland. *Mineralogia Poland*, 16(2), 35-42
- Schmitt, L.J., 1988. A Review of the Association of Petroliferous Materials with Uranium and Other Metal Deposits in Sedimentary Rocks in the United States. U.S. Geological Survey Report No. 1798, 18 p.
- Scott, R.J., David, S., Stuart, B., David, B., Murray, H., David, C., Ross, L., and Peter, M., 2006. A hydrocarbon replacement model for the Zambian Copperbelt deposits, ASEG Extended Abstracts, 1, 1-7, DOI: 10.1071/ASEG2006ab160
- Selley, D., Broughton, D., Scott, R., Hitzman, M., Bull, S., Large, R., McGoldrick, P., Croaker, M., Pollington, N., and Barra, F., 2005. A new look at the geology of the Zambian Copperbelt. *In: Hedequist, J.W., Thompson, J.F.H., Goldfarb, R.J., Richards, J.P. (eds), Economic geology one hundredth anniversary volume 1905-2005. Society of Economic Geologists*, 845-890
- Selby, D., Kelley, K.D., Hitzman, M.W., and Zieg, J., 2009. Re-Os sulfide (bornite, chalcopyrite, and pyrite) systematics of the carbonate-hosted copper deposits at Ruby Creek, Southern Brooks Range, Alaska. *Economic Geology*, 104, 437-444
- Stein, H. and Hannah, J., 2014. Rhenium-Osmium Geochronology: Sulfides, Shales, Oils, and Mantle. *Encyclopedia of Scientific Dating Methods*. 1-25, DOI 10.1007/978-94-007-6326-5_36-1
- Sun, Y.Z. and Püttmann, W., 2000. The role of organic matter during copper enrichment in Kupferschiefer from the Sangerhausen basin, Germany. *Organic Geochemistry*, 31, 1143-1161
- Sverjensky, D.A., 1984. Oil field brines as ore-forming solution. *Economical Geology*, 17, 23-37
- Sverjensky, D.A., 1987. The role of migrating oil field brines in the formation of sediment-hosted Cu-rich deposits. *Economic Geology*, 82, 1130-1141
- Taylor, C.D., Causey, J.D., Denning, P.D., Hammarstrom, J.M., Hayes, T.S., Horton, J.D., Kirschbaum, M.J., Parks, H.L., Wilson, A.B., Wintzer, N.E., and Zientek, M.L., 2013. Descriptive models, grade-tonnage relations, and databases for the assessment of sediment-hosted copper deposits-With emphasis on deposits in the Central African Copperbelt, Democratic Republic of the Congo and Zambia. U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2010-5090-J, 154 p.
- Wang, F.D., Zhu, X.D., and Wang, Z.G., 2011. Madouzi-type (nodular) sedimentary copper deposit associated with the Emeishan basalt. *Sci. China Earth. Sci.*, 54, 1880-1891
- Warren, J.K., 2000. Evaporites, brines and base metals: low-temperature ore emplacement controlled by evaporite diagenesis. *Australian Journal of Earth Sciences*, 30, 179-208
- Whitehead, A., 2019. Comparison of Sediment-Hosted Cu Mineralization Lisbon and Moab Fault Systems, Utah. The University of Arizona, MSc. Thesis, 64 p.
- Wilson, N.S.F., Zentilli, M., and Spiro, B., 2003. A sulfur, carbon, oxygen, and strontium isotope study of the volcanic-hosted El Soldado manto-type Cu deposit, Chile: the essential role of bacteria and petroleum. *Economic Geology*, 98, 163-174
- Wilson, N.S.F. and Zentilli, M., 2006. Association of pyrobitumen with copper mineralization from the Uchumi and Talcuna districts, central Chile. *International Journal of Coal Geology*, 65, 158-169
- Zentilli, M., Munizaga, F., Graves, M.C., Boric, R., Wilson, N.S.F., Mukhopadhyay, P.K., and Lloyd R. Snowdon, L.R., 1997. Hydrocarbon involvement in the genesis of ore deposits: An example in Cretaceous stratabound (manto-type) copper deposits of Central Chile. *International Geology Review*, 39(1), 1-21

- Zhang, Y., Xing, S., Song, Q., Wang, Y., Yu, Z., Du, X., Ma, Y., and Zhang, Z., 2015. Re-Os and U-Pb geochronology of porphyry and skarn types copper deposits in Jilin Province, NE China. *Resource Geology*, 65(4), 394-404
- Zhang, P., Zhao, Y., Kou, L., Yang, H., and Yang, F., 2016. Zircon U-Pb and molybdenite Re-Os geochronology of copper-molybdenum deposits in southeast Liaoning Province, China. *International Geology Review*, 58(12), 1481-1491
- Zheng, Y., Zhang, G., Xu, R., Gao, S., Pang, Y., Cao, L., Du, A., and Shi, Y., 2007. Geochronologic constraints on magmatic intrusions and mineralization of the Zhunuo porphyry copper deposit in Gangdese, Tibet. *Chin. Sci. Bull.*, 52(22), 3139-3147

SIGNIFICANCE OF RELATIONSHIPS BETWEEN HYDROCARBONS AND METALLIC ORE DEPOSITS IN OIL AND GAS EXPLORATION: PART III. LEAD AND ZINC DEPOSITS

Adil OZDEMIR

Adil Ozdemir Consulting, Ankara, Turkey

Yildiray PALABIYIK

Istanbul Technical University, Department of Petroleum and Natural Gas Engineering,
Istanbul, Turkey

ABSTRACT

Sedimentary basins are significant deposits for both fossil energy sources and metallic ore deposits. It has been reported in numerous studies that a close relationship exists between oil and gas reservoirs and metallic ore deposits. Besides, in many studies, it has been also determined that both source rocks and petroleum resources have a high amount of metal concentrations. On a regional scale, both Pb-Zn deposits and hydrocarbon reservoirs or seeps are generally bounded by the same tectonic units of the basin and controlled by similar structures (especially regional anticlines, domes or paleo-highs). The results of the study show that hydrocarbons and Pb-Zn ores derived from sediment pores during diagenesis are deposited by the co-transportation process by the same hydrothermal fluid and so, Pb-Zn ores and organic matter in host rocks have a common source. In other words, organic- and Pb-Zn-rich sediments in a sedimentary basin can be used as a source for both Pb-Zn deposits and hydrocarbon reservoirs. Pb-Zn- and hydrocarbon-rich fluids derived from sediments consolidated as a consequence of topographic uplift and the compression of the basin laterally migrate across aquifers and head towards the boundaries of the basin and paleo-highs through the faults in the main- and sub-basin. Thus, they constitute Pb-Zn deposits and hydrocarbon reservoirs characterized by different deposition and trapping mechanisms in different compartments. Pb-Zn ores are deposited in faults, fracture zones, karstic/solution cavities, and unconformity surfaces in the areas where ore-bearing fluids encounter appropriate geochemical barriers. Hydrocarbons accumulate in stratigraphic, lithological, structural, and combination traps. To sum up, it has been deduced that, in the areas where operable-size Pb-Zn deposits are located, they can be utilized as a shallow and reliable indicator for oil and gas exploration.

Keywords: oil and gas exploration, hydrocarbon, Pb-Zn deposit, Pb-Zn mineralization, geochemical indicator

1. INTRODUCTION

Oil and gas fields are mainly located in sedimentary basins with source rocks containing hydrogen-rich organic matter. Sedimentary basins embody noteworthy reservoirs/depositions for both fossil energy sources and many metallic ore deposits. Ozdemir and Palabiyik (2019a)

have suggested that metallic ore deposits, which enable to form deposits of operable-size, are a shallow and reliable indicator for the oil and gas accumulations and proposed a diagram exhibiting the occurrence and tectonic relationships between hydrocarbon accumulations and metallic ore deposits. Moreover, a close relationship between hydrocarbons with Pb-Zn deposits has been constructed in many studies listed as follows: Barton (1967); Dozy (1970); Peling (1973); Carpenter et al. (1974); Rickard et al. (1975); Connan (1979); Carter (1981); Macqueen and Powell (1983); Shabo (1983); Sverjensky (1984); Ferguson (1984, 1987); Krebs and Macqueen (1984); Eugster (1985); Giordano (1985, 2002); Rouvier et al. (1985); Oliver (1986); Gorzhevsky (1987); Montacer et al. (1988); Gize and Barnes (1987); Etminan and Hoffmann (1989); Bethke and Marshak (1990); Leventhal (1990); Anderson (1991); Henry et al. (1992); Spirakis and Heyl (1992); Yang and Liu (1992); Jakobsen and Ohmoto (1992); Baines et al. (1993); Kesler et al. (1994); Eisenlohr et al. (1994); Gize and Barnes (1994); Hu Ming-An et al. (1995); McGoldrick and Large (1998); Spangenberg and Macko (1998); Broadbent et al. (1998); Mossman (1999); Rantitsch et al. (1999); Cooke et al. (2000); Lee and Williams (2000); Rasmussen and Krapez (2000); Wallace et al. (2002); Warren (2002); Gregg (2004); Montanez (2004); Huston et al. (2006); Spangenberg and Herlec, 2006; Anderson (2008); Kendrick et al. (2011); Gregg and Shelton (2012); Billström et al. (2012); Wu et al. (2013); Qiaoqing et al. (2014); Ostendorf et al. (2015); Bouabdellah et al. (2015); Saintilan et al. (2019); Bottoms et al. (2019). In this study, the significance of relationships between hydrocarbons and lead and zinc (Pb-Zn) deposits in oil and gas exploration has been investigated through the well-chosen references.

THE RELATIONSHIP BETWEEN HYDROCARBONS AND LEAD AND ZINC (Pb-Zn) DEPOSITS

The results of the previous studies (Oliver, 1986; Wallace et al., 2002; Kendrick et al., 2011; Ostendorf et al., 2015; Saintilan et al., 2019; Ozdemir and Palabiyik, 2019a) indicate that Pb-Zn deposits and hydrocarbon reservoirs in the same sedimentary basin are jointly formed by transport and accumulation in a basin of Pb-Zn and hydrocarbons formed in the same sedimentary basin by the same fluid (Fig. 1). In the rift basin, deep-water, organic- and Pb-Zn-rich rocks have been used as sources for both Pb-Zn deposits and hydrocarbon reservoirs (Ozdemir and Palabiyik, 2019b). Hydrocarbons and Pb-Zn ores derived from sediment pores during diagenesis are deposited by the co-transportation process by the same hydrothermal fluid and so, Pb-Zn ores and organic matter in host rocks have a common source. In other words, organic- and Pb-Zn-rich sediments in a sedimentary basin can be used as a source for both Pb-Zn deposits and hydrocarbon reservoirs. Pb-Zn- and hydrocarbon-rich fluids derived from sediments compacted as a result of topographic uplift and the compression of the basin laterally migrate across aquifers and head towards the boundaries of the basin and paleo-highs through the faults in the main- and sub-basin. Hence, they constitute Pb-Zn deposits and hydrocarbon reservoirs characterized by different deposition and trapping mechanisms in different compartments. Pb-Zn ores are deposited in faults, fracture zones, karstic/solution

cavities, and unconformity surfaces in the areas where ore-bearing fluids encounter appropriate geochemical barriers. Hydrocarbons accumulate in stratigraphic, lithological, structural, and combination traps. Young orogenies have caused the basin uplift to the surface and folding, and destruction of some hydrocarbon reservoirs in the basin, and transforming to bitumen at the surface (Figs. 2-4).

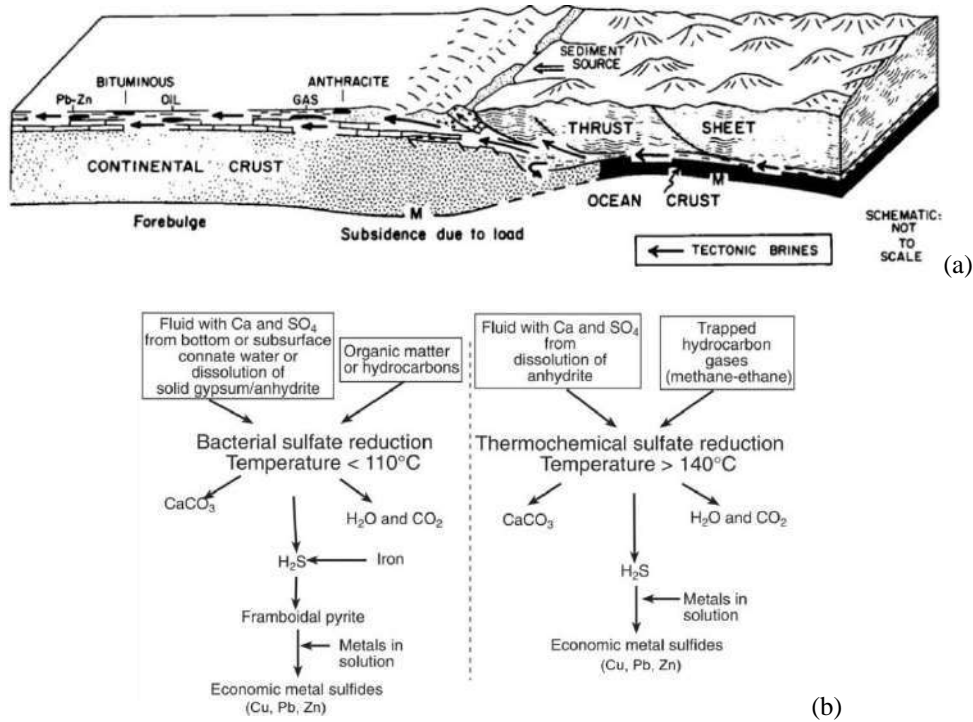
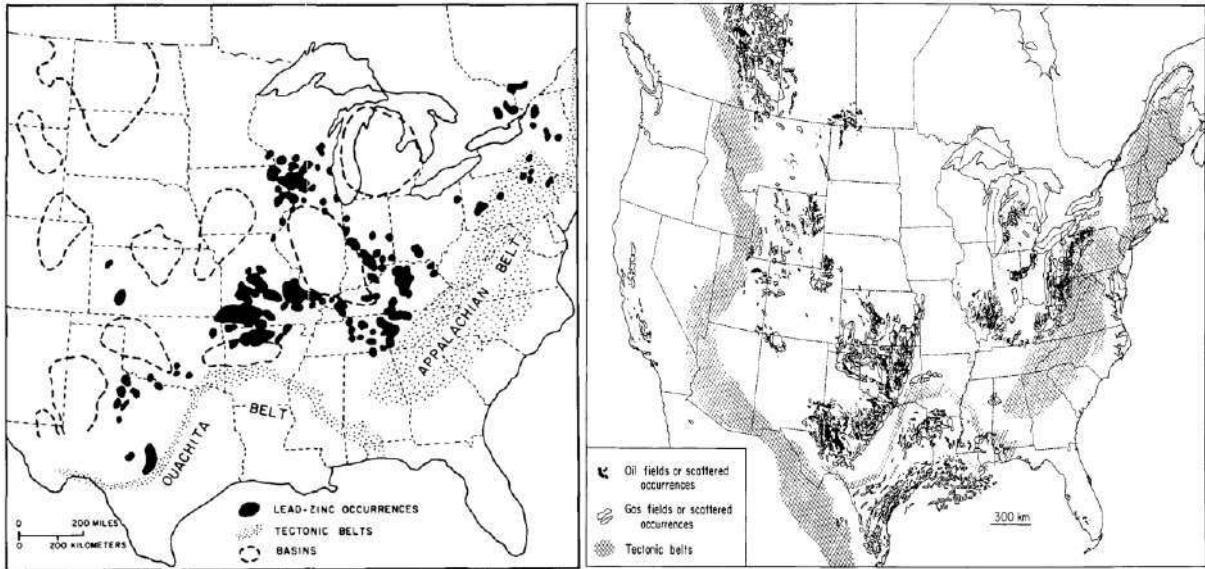


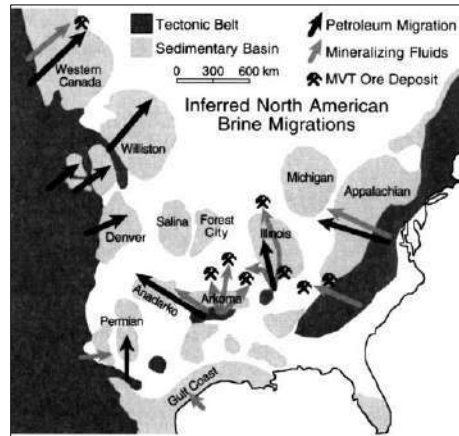
Fig. 1. (a) During orogenesis (mountain formation), the sequential occurrence of hydrocarbon reservoirs and a Pb-Zn deposit in a basin by metal- and hydrocarbon-rich tectonic brines that migrated from a marine sedimentary basin in which they were generated. Gas reservoirs and anthracite deposits are closer to orogenesis than oil and bituminous coal, respectively. Arrows in black schematically illustrate the flow of tectonic brines expelled from buried sediments. Continental crust has a thickness of 35 km, the horizontal scale of the diagram is 500 km (Oliver, 1986). (b) The proposed model for the relationship between hydrocarbons and Pb-Zn deposits (From Warren, 2000).

In the depositions, for a hand sample and on a microscopic scale, Pb-Zn ores can be spatially associated with hydrocarbons. Organic matter in sediments can occur in different forms such as kerogen, bitumen, solid carbon, and hydrocarbon gas as well as free oil in significant amounts in fractures and inclusions (Fig. 5) (Macqueen and Powell, 1983; Krebs and Macqueen, 1984; Leventhal, 1990; Henry et al., 1992; Spirakis and Heyl, 1992; Jakobsen and Ohmoto, 1992; Hu Ming-An et al., 1995; Broadbent et al., 1998; Rantitsch et al., 1999; Rasmussen and Krapez, 2000; Wallace et al., 2002; Gregg, 2004; Montanez, 2004; Spangenberg and Herlec, 2006; Billström et al., 2012; Wu et al., 2013; Xiong et al., 2019). It has been determined that there is a very close paragenetic relationship between Pb-Zn mineralization and hydrocarbons/bitumen (Fig. 6) (Shabo, 1983; Krebs and Macqueen, 1984; Spirakis and Heyl, 1992; Jakobsen and Ohmoto, 1992; Montanez, 1994; Rasmussen and

Krapez, 2000; Parnell and McCready, 2000; Spangenberg and Herlec, 2006; Xiong et al., 2019).



(a)



(b)

Fig. 2. MVT Pb-Zn deposits and oilfields in Central and East America (a. Oliver, 1986; b. Bethke and Marshak, 1990)

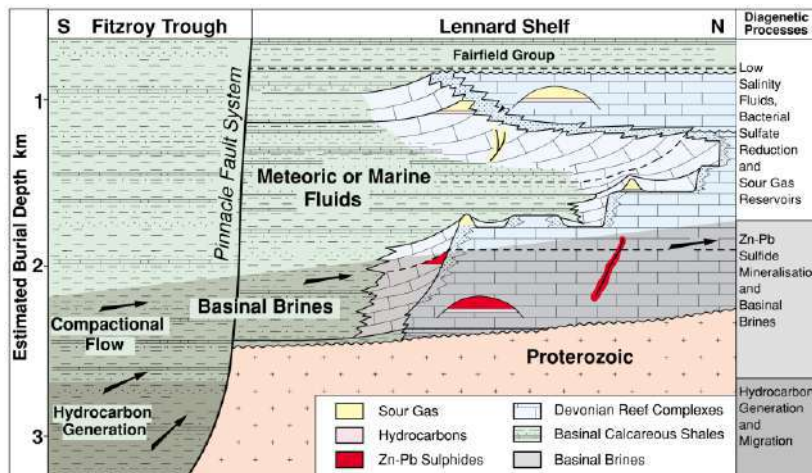


Fig. 3. Relationship between hydrocarbon accumulations and Zn-Pb mineralization in Lennard Shelf, Australia (Wallace et al., 2002)

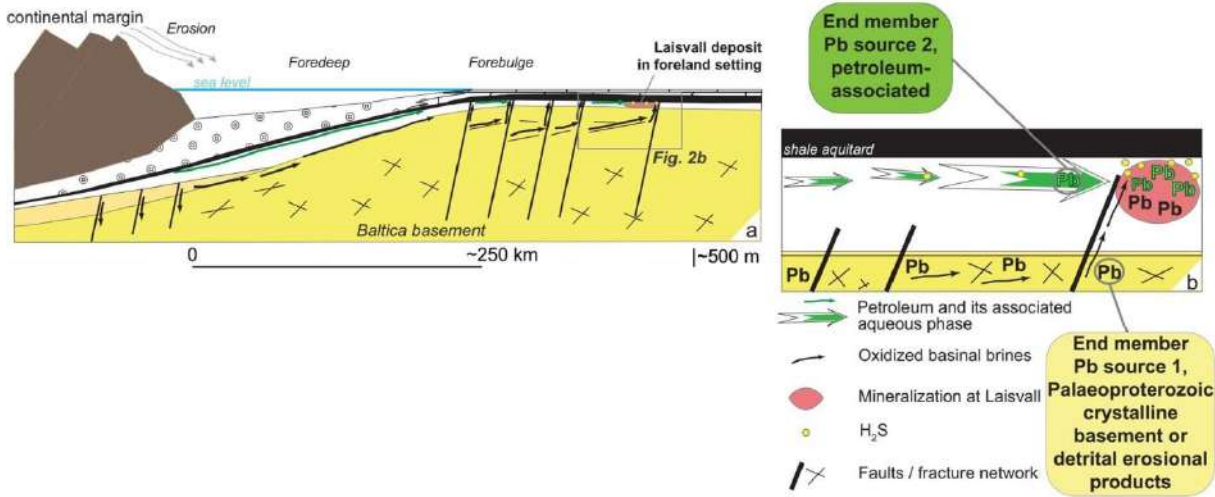


Fig. 4. The geodynamic setting for mineralization in Laisvall (Sweden) bearing “petroleum-associated lead” and “basement-derived lead” occurrences (From Saintilan et al., 2019)

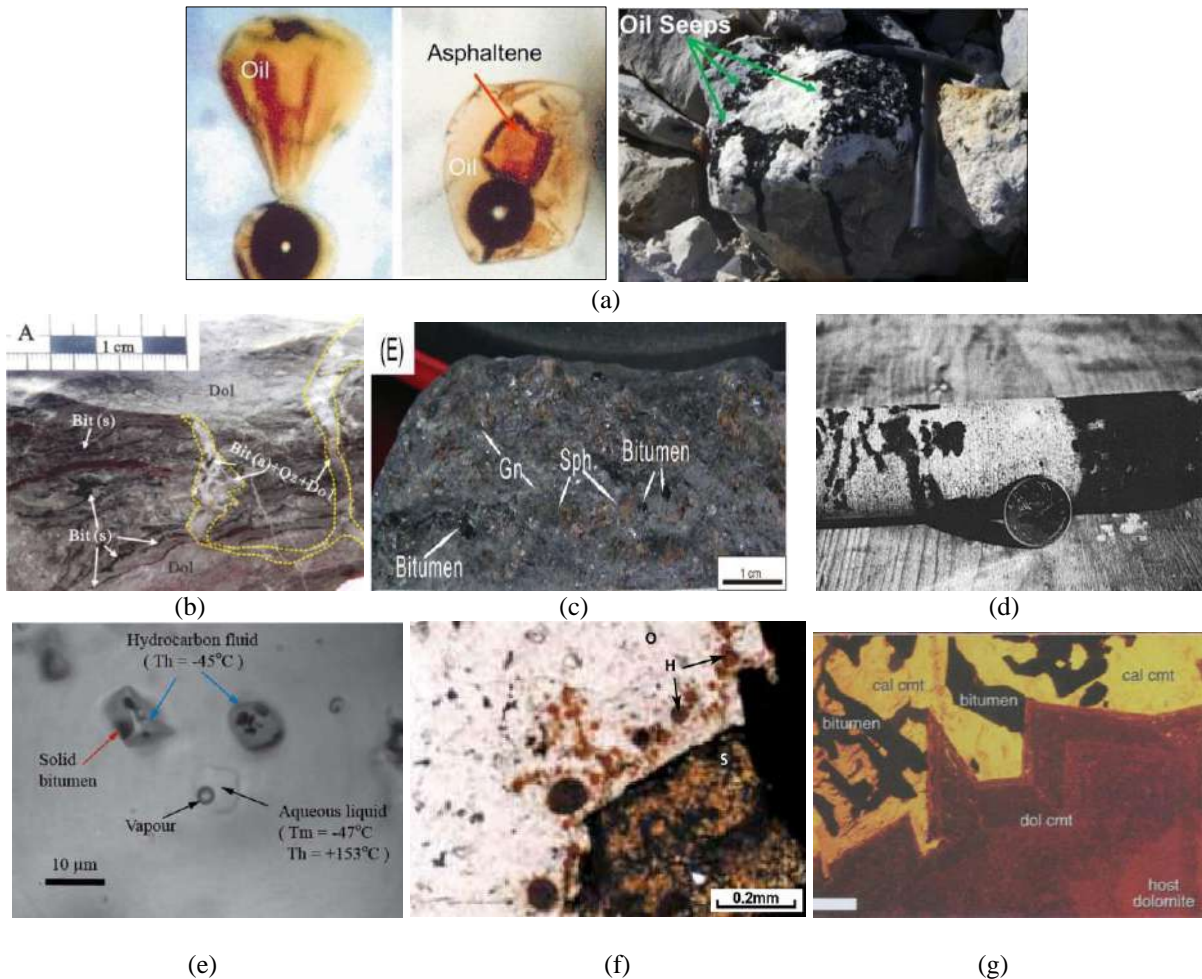


Fig. 5. Hydrocarbons in microscopic and macroscopic scale in Pb-Zn deposits. a. Fluid inclusion data for oil reservoir water in MVT Pb-Zn ore samples and oil seeps in rock (<http://eps.mcgill.ca/~courses/c452/>). b. Vein-type bitumen occurrences (Xiong et al., 2019). c. The abundant bitumen component of the ore (Wu et al., 2013). d. Soft and bleeding heavy oil as a stained form in core ranging from medium to coarse crystalline dolomite (Macqueen and Powell, 1983). e. Hydrocarbon and aqueous fluid inclusions (Billström et al., 2012). f. Hydrocarbons (H) surrounding sphalerite (S) and overgrown by ore-stage calcite (O) (Wallace et al., 2002). g. Bitumen filling in a dolomitized limestone (Gregg, 2004).

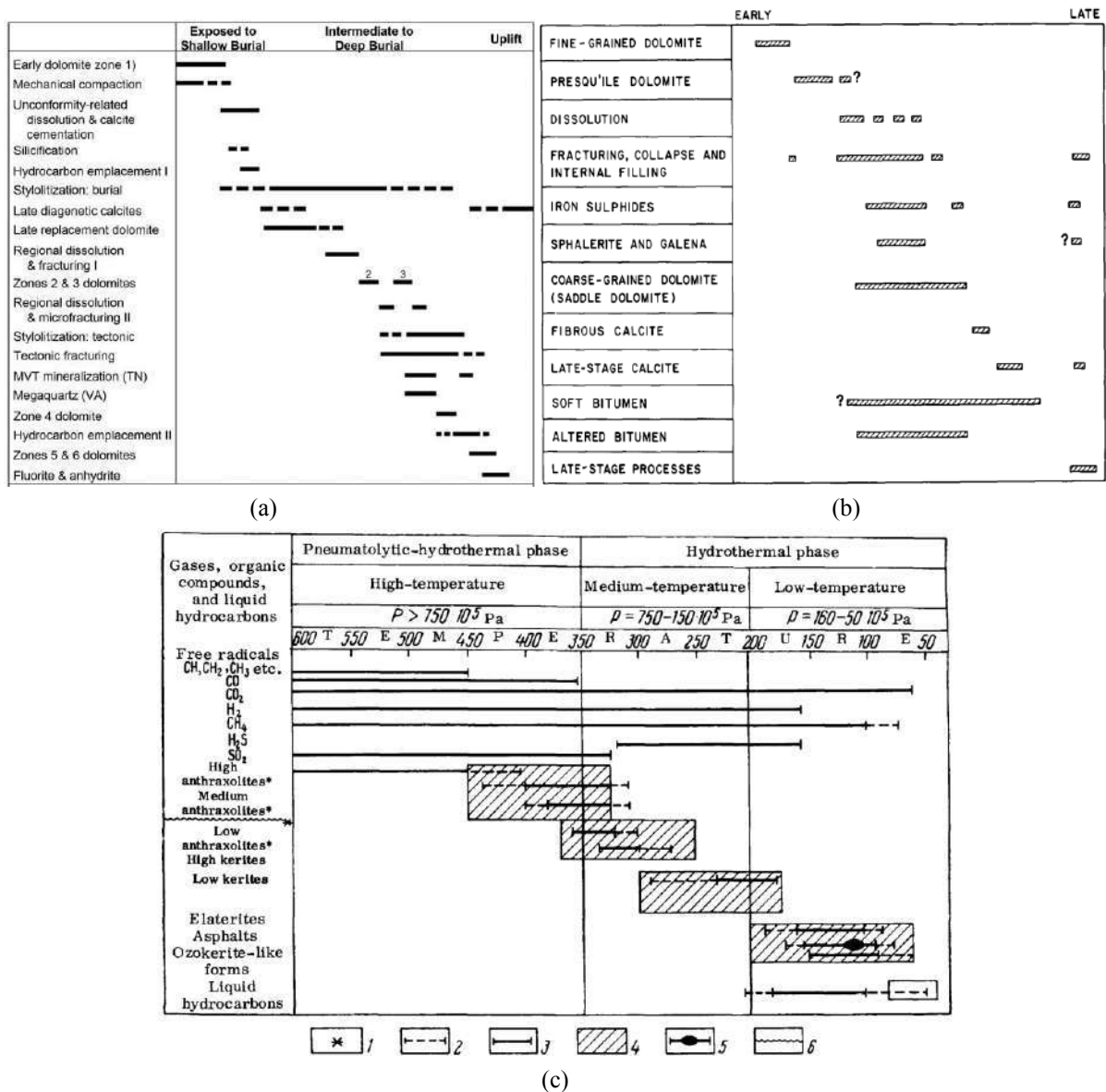


Fig. 6. Summary of paragenesis in Pb-Zn deposits (a. Montanez, 1994; b. Krebs and Macqueen, 1984; c. Shabo, 1983)

3. USE OF Re-Os ISOTOPE SYSTEM FOR DIRECT DATING OF HYDROCARBONS AND PB-ZN DEPOSITS AND CORRELATION WITH EACH OTHER

We need to know the relationship between resources and host rocks if Pb-Zn deposits are desired to be correlated with hydrocarbons. Pb-Zn ores and hydrocarbon resources may have been occurred at the same age or at different ages (Fig. 6). In this case, the Re-Os (Rhenium-Osmium) isotope system can be successfully used in areas where metamorphism and orogenesis destroyed structural relations. The Re-Os isotope system is used to determine the age of both Pb-Zn deposits and organic-rich rocks/hydrocarbons/oils (Cohen, 2004; Marques, 2012; Stein and Hannah, 2014; Ozdemir and Palabiyik, 2019c). The Re-Os isotope system has been used in many studies to determine the age of Pb-Zn deposits (Morelli et al., 2004; Yao et

al., 2007; Zhang et al., 2011; Spry et al., 2014; Liu et al., 2015; Li et al., 2016; Hnatyshin et al., 2019; Liu et al., 2019).

4. CONCLUSIONS

In this study, it is observed that the tectonic and magmatic processes leading to the formation of Pb-Zn deposits and hydrocarbons are very compatible with each other. Hence, it is also determined that the formation of Pb-Zn deposits and hydrocarbons is closely related to each other. Therefore, it can be deduced that Pb-Zn deposits in the same basin/region can be used as a shallow and reliable indicator for hydrocarbon exploration. As a result of Re-Os isotope analyses to be conducted on Pb-Zn deposits and hydrocarbons in the same basin/region, geological ages of both Pb-Zn deposits and hydrocarbons can be estimated and correlated with each other. This identified relationship lets us better predict the locations of oil and gas reservoirs under the guidance of Pb-Zn deposits. That's for which Pb-Zn deposits formed by Tethyan metallogenesis can be taken as the main reference in oil and gas exploration because oil formation is associated with marine environments. Moreover, Re-Os isotope analysis can provide useful information on tectonic settings where both Pb-Zn deposits and hydrocarbons are formed. Finally, in the exploration of oil and gas reservoirs and the interpretation of the tectonic history of the basin/region, the usage of the known Pb-Zn deposits as a guide will be a new and reliable method for the determination of shallow and deep structures (traps) involved in oil and/or gas reservoirs probably to be discovered. For this purpose, in the basins/regions where there is no surface sign (outcrop of source rocks, oil or gas seeps, oil or gas fields), but there are the Pb-Zn deposits in operable scales, TPH (Total Petroleum Hydrocarbons) in water analysis (Ozdemir, 2018; 2019a,b,c) can be used as a more cost-effective and trustworthy oil and gas exploration method because it is considered that the suggested new technique (reservoir-targeted) will give the chance to us to increase the success ratio of discovery by reducing risks and costs of oil and gas exploration which 10-20% success ratio (very-high risk) with conventional organic geochemical methods (source rock-targeted).

REFERENCES

- Anderson, G.M., 1991. Organic maturation and ore precipitation in Southeast Missouri. *Economic Geology*, 86, 909-926
- Anderson, G.M., 2008. The mixing hypothesis and the origin of Mississippi Valley-type ore deposits. *Economic Geology*, 103, 1683-1690
- Baines, S.J., Burley, S.D., and Gize, A.P., 1993. Base metal sulphide mineralisation in North Sea hydrocarbon reservoirs: evidence for mass solute transfer during burial. *GEOFLUIDS'93, Extended Abstracts*, 435-438
- Barton, P.B., 1967. Possible role of organic matter in the precipitation of the Mississippi Valley ores. in: *Genesis of Stratiform Lead-Zinc-Barite-Fluorite Deposits* (J.S. Brown, ed.), *Econ. Geol. Monograph.*, 3, 371-378
- Bethke, C.M. and Marshak, S., 1990. Brine migrations across North America - the plate tectonics of groundwater. *Annual Reviews of Earth and Planetary Science*, 18, 287-315
- Billström, K., Broman, C., Schneider, J., Pratt, W., and Skogsmo, G., 2012. Zn-Pb ores of Mississippi Valley type in the Lycksele-Storuman district, Northern Sweden: A possible rift-related Cambrian mineralisation event. *Minerals*, 1, 169-207

- Bottoms, B., Potra, A., Samuelsen, J.R., and Schutter, S.R., 2019. Geochemical investigations of the Woodford-Chattanooga and Fayetteville Shales: Implications for genesis of the Mississippi Valley-type Zn-Pb ores in the southern Ozark Region and hydrocarbon exploration, AAPG Bulletin, doi: 10.1306/12171818101
- Bouabdellah, M., Niedermann, S., and Velasco, F., 2015. The Touissit-Bou Bekker Mississippi Valley-type district of Northeastern Morocco: Relationships to the Messinian salinity crisis, Late Neogene-Quaternary alkaline magmatism, and buoyancy-driven fluid convection. *Economic Geology*, 110, 1455-1484
- Broadbent, G., Myers, R., and Wright, J., 1998. Geology and origin of shale hosted Zn-Pb-Ag mineralization at the Century deposit, Northwest Queensland, Australia. *Economic Geology*, 93, 1264-1294
- Carpenter, A.B., Trout, M.L., and Pickett, E.E., 1974. Preliminary report on the origin and chemical evolution of lead- and zinc-rich oil field brines in central Mississippi. *Economic Geology*, 69, 1191-1206
- Carter, J.S., 1981. The connection between gaseous hydrocarbons and lead-zinc mineralisation. Ph.D. Thesis, University of London., 198 p.
- Cohen A.S., Coe A.L., Bartlett J.M., and Hawkesworth C.J., 1999. Precise Re-Os ages of organic-rich mudrocks and the Os isotope composition of Jurassic seawater. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 167, 159-173
- Connan, J., 1979. Genetic relation between oil and ore in some Pb-Zn-Ba ore deposits. *Spec. Publ. Geol. Soc. S. Afr.* 5, 263-274
- Cooke, D.R., Bull, S.W., Large, R.R., and Mcgoldrick, P.J., 2000. The importance of oxidized brines for the formation of Australian Proterozoic stratiform sediment-hosted Pb-Zn (Sedex) deposits. *Economic Geology*, 95(1), 1-18
- Dozy, J.J., 1970. A geological model for the genesis of the lead-zinc ores of the Mississippi Valley, U.S.A. *Institute of Mining and Metallurgy Transactions, Section B* 79, 163-170
- Eisenlohr, B.N., Tompkins, L.A., Cathles, L.M., Barley, M.E., and Groves, D.I., 1994. Mississippi Valley-type deposits: products of brine expulsion by eustatically induced hydrocarbon generation? An example from northwestern Australia. *Geology*, 22, 315-318
- Etmann, H. and Hoffmann, C.F., 1989. Biomarkers in fluid inclusions: A new tool in constraining source regimes and its implications for the genesis of Mississippi Valley-type deposits. *Geology*, 17, 19-22
- Eugster, H. P., 1985. Oil shales, evaporites and ore deposits. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 49, 619-635
- Ferguson, J., 1984. The methane content of some Carboniferous limestones from the northern Pennines and its relationship to mineralisation. *Proceedings of the Yorkshire Geological Society*, 45, 1-2, 67-69
- Ferguson, J., 1987. A possible role for light hydrocarbons in Pb/Zn mineral exploration. *Mineralogical Magazine*, 51, 527-533
- Giordano, T.H., 1985. A preliminary evaluation of organic ligands and metal-organic complexing in Mississippi Valley-type ore solutions. *Economic Geology*, 80, 96-106
- Giordano, T.H., 2002. Transport of Pb and Zn by carboxylate complexes in basinal ore fluids and related petroleum-field brines at 100 °C: the influence of pH and oxygen fugacity. *Geochem. Trans.*, 3(8), 56-72
- Gize, A.P. and Barnes, H.L., 1994. Organic contributions to Mississippi Valley-type lead-zinc genesis-a critical assessment. *in Fontbote L, Boni (eds) Sediment-Host Zn-Pb Ores*. Springer, 13-26
- Gize, A.P. and Barnes, H.L., 1987. The organic geochemistry of two Mississippi Valley-type lead - zinc deposits. *Economic Geology*, 82, 457-470
- Gorzhevskiy, D.I., 1987. On the role of organic matter in ore formation. *International Geology Review*, 29(2), 207-217
- Gregg, J.M., 2004. Basin fluid flow, base-metal sulphide mineralization and the development of dolomite petroleum reservoirs. Braithwaite, C.J.R., Rizzi, G., and Darke, G. (eds). *The Geometry and Petrogenesis of Dolomite Hydrocarbon Reservoirs*. Geological Society, London, Special Publications, 235, 157-175
- Gregg, J.M. and Shelton, K.L., 2012. Mississippi Valley-type mineralization and ore deposits in the Cambrian-Ordovician great American carbonate bank. *in J. R. Derby, R. D. Fritz, S. A. Longacre, W. A. Morgan, and C. A. Sternbach, eds., The great American carbonate bank: The geology and economic resources of the Cambrian-Ordovician Sauk megasequence of Laurentia: AAPG Memoir* 98, 161-185

- Henry, A.L., Anderson, G.M., and Heroux, Y., 1992. Alteration of organic matter in the Viburnum Trend lead-zinc district of southeast Missouri. *Economic Geology*, 87, 288-309
- Hnatyshin, D., Creaser, R.A., Meffre, S., Stern, R.A., Wilkinson, J.J., and Turner, E.C., 2019. Understanding the microscale spatial distribution and mineralogical residency of Re in pyrite: Examples from carbonate-hosted Zn-Pb ores and implications for pyrite Re-Os geochronology. *Chemical Geology*, 533, <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2019.119427>
- Huston, D.L., Stevens, B., Southgate, P.N., Muhling, P., and Wyborn, L., 2006. Australian Zn-Pb-Ag ore-forming systems: a review and analysis. *Economic Geology*, 101,1117-1157
- Jakobsen, V.H. and Ohmoto, H., 1992. Bitumen associated with precipitation of sulphides in carbonate-hosted vein mineralization, North Greenland. In: Parnell J, Kucha H, Landais P (eds) *Bitumen in Ore Deposits*. Springer, 399-414
- Kendrick, M.A., Phillips, D., Wallace, M., and Miller, J.McL., 2011. Halogens and noble gases in sedimentary formation waters and Zn-Pb deposits: A case study from the Lennard Shelf, Australia. *Applied Geochemistry*, 26, 2089-2100
- Kesler, S.E., Jones, H.D., Furman, F.C., Sassen, R., Anderson, W.H., and Kyle, J.R., 1994. Role of crude oil in the genesis of Mississippi Valley-type deposits: evidence from the Cincinnati arch. *Geology*, 22, 609-612
- Krebs, W. and Macqueen, R., 1984. Sequence of diagenetic and mineralization events, Pine Point lead-zinc property, Northwest Territories, Canada. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 32(4), 434-464
- Lee, M.K. and Williams, D.D., 2000. Paleohydrology of the Delaware basin, western Texas: overpressure development, hydrocarbon migration, and ore genesis. *AAPG Bulletin*, 84, 961-974
- Leventhal, J.S., 1990. Organic matter and thermochemical sulfate reduction in the Viburnum Trend, Southeast Missouri. *Economic Geology*, 85, 622-632
- Li, D., Chen, H., Pete Hollings, P., Zhang, L., Mi, M., Li, J., Fang, J., Wang, C., and Lu, W., 2016. Re-Os pyrite geochronology of Zn-Pb mineralization in the giant Caixiashan deposit, NW China. *Miner Deposita*, 51, 309-317
- Liu, Y., Qi, L., Gao, J., Ye, L., Huang, Z., and Zhou, J., 2015. Re-Os Dating of galena and sphalerite from lead-zinc sulfide deposits in Yunnan province, SW China. *Journal of Earth Science*, 26(3), 343-351
- Liu, Y., Song, Y., Fard, M., Zhou, L., Hou, Z., and Kendrick, M.A., 2019. Pyrite Re-Os age constraints on the Irankuh Zn-Pb deposit, Iran, and regional implications. *Ore Geology Reviews*, 104, 148-159
- Macqueen, R.W. and Powell, T.G., 1983. Organic geochemistry of the Pine Point lead-zinc orefield and region, Northwest Territories, Canada. *Economic Geology*, 78, 1-25
- McGoldrick, P. and Large, R., 1998. Proterozoic stratiform sediment-hosted Zn-Pb-Ag deposits. *AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics*, 17(4), 189-196
- Marques, J.C., 2012. Overview on the Re-Os isotopic method and its application on ore deposits and organic-rich rocks. *Geochimica Brasiliensis, Ouro Preto*, 26(1), 49-66
- Ming-An, H., Disnar, J.R., and Sureau, J.F., 1995. Organic geochemical indicators of biological sulphate reduction in early diagenetic Zn-Pb mineralization: the Bois-Madame deposit (Gard, France). *Applied Geochemistry*, 10, 419-435
- Montacer, M., Disnar, J.R., Orgeval, J.J., and Trichet, J., 1988. Relationship between Zn-Pb ore and oil accumulation processes: example of the Bou Grine Deposit (Tunisia). *Organic Geochemistry*, 13, 423-431
- Montanez, I. P., 1994. Late diagenetic dolomitization of Lower Ordovician, upper Knox carbonates: A record of the hydrodynamic evolution of the southern Appalachian Basin. *AAPG Bulletin*, 78, 1210-1239
- Mossman, D.J., 1999. Carbonaceous substances in mineral deposits: implications for geochemical exploration. *Journal of Geochemical Exploration*, 66, 241-247
- Morelli, R.M., Creaser, R.A., Selby, D., Kelley, K.D., Leach, D.L., and King, A.R., 2004. Re-Os sulfide geochronology of the Red Dog sediment-hosted Zn-Pb-Ag deposit, Brooks Range, Alaska. *Economic Geology*, 99, 1569-1576

- Oliver, J., 1986. Fluids expelled tectonically from orogenic belts: their role in hydrocarbon migration and other geologic phenomena. *Geology* 14:99-102
- Ostendorf, J., Henjes-Kunst, F., Mondillo, N., Boni, M., Schneider, J., and Gutzmer, J., 2015. Formation of Mississippi Valley-type deposits linked to hydrocarbon generation in extensional tectonic settings: Evidence from the Jabali Zn-Pb-(Ag) deposit (Yemen). *Geology*, 43, 1055-1058
- Ozdemir, A., 2018. Suda TPH (Toplam Petrol Hidrokarbonları) analizinin petrol ve doğalgaz arama amaçlı kullanımı: Türkiye'den ilk önemli sonuçlar (*Usage of TPH -Total Petroleum Hydrocarbons in water analysis for oil and gas exploration: First important results from Turkey*). *Journal of Engineering Sciences and Design of Suleyman Demirel University*, 6(4), 615-636 (English version full-text available: https://www.researchgate.net/profile/Adil_Oezdemir)
- Ozdemir, A. and Palabiyik, Y., 2019a. A shallow and reliable indicator for deep oil and gas accumulations in the subsurface: Metallic ore deposits. IV. International Congress of Scientific and Professional Studies - Engineering Sciences (BILMES EN), November 07 - 10, Ankara, Turkey (in press)
- Ozdemir, A. and Palabiyik, Y., 2019b. A new approach to petroleum source rock occurrence: The relationships between petroleum source rock, ophiolites, mantle plume, and mass extinction. IV. International Congress of Scientific and Professional Studies - Engineering (BILMES EN 2019), November 07 - 10, 2019, Ankara (in press)
- Ozdemir, A. and Palabiyik, Y., 2019c. Use of Rhenium-Osmium (Re-Os) isotope for direct dating of organic-rich rocks and hydrocarbons/oils in petroleum geology: A review. ISPEC 4th International Conference on Engineering & Natural Sciences, October 18-20, Ankara, Turkey, 46-59
- Ozdemir, A., 2019a. Hasanoğlan (Ankara) petrol sisteminin organik hidrojeokimyasal kanıtları (*Organic hydrogeochemical evidences of Hasanoğlan-Ankara petroleum system*). *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*. doi:10.5505/pajes.2018.12316 (English version full-text available: https://www.researchgate.net/profile/Adil_Oezdemir)
- Ozdemir, A., 2019b. Büyük Menderes grabeni (Batı Anadolu) Neojen öncesi petrol sisteminin organik hidrojeokimyasal kanıtları ve potansiyel kapanlar (*Organic hydrogeochemical evidence of pre-Neogene petroleum system of the Buyuk Menderes graben and potential traps, Western Turkey*). *European Journal of Science and Technology*, (16), 325-354 (English version full-text available: https://www.researchgate.net/profile/Adil_Oezdemir)
- Ozdemir, A., 2019c. Mamak (Ankara) çalışan petrol sisteminin jeokimyasal kanıtı olarak olgun hidrokarbonca zengin sular ve bölgedeki potansiyel kapan alanı (*Mature hydrocarbons-rich waters as geochemical evidence of working petroleum system of Mamak-Ankara and potential trap area in the region*). *European Journal of Science and Technology*, 17, 244-260 (English version full-text available: https://www.researchgate.net/profile/Adil_Oezdemir)
- Parnell, J. and McCready, A., 2000. Paragenesis of gold- and hydrocarbon-bearing fluids in gold deposits. *in*: M. Glikson and M. Mastalerz (eds.) *Organic Matter and Mineralisation: Thermal Alteration, Hydrocarbon Generation and Role in Metallogenesis*, 38-52
- Peling, L.L., 1973. Bitumens associated with lead, zinc and fluorite ore minerals in North Derbyshire, England. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 37(3), 401-417
- Qiaoping, H., Yitian, W., Xielu, L., Shaocong, C., Ran, W., Juan, Z., Ruiting, W., Junzhi, D., Shenwen, W., and Shuangyan, W., 2014. Evolution of ore-forming fluid of the Bafangshan-Erlihe Pb-Zn-Cu deposit in the Fengtai ore cluster, West Qinling, China: Evidence from stable isotopes and fluid inclusions. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, 88(supp. 2), 165-167
- Rantitsch, G., Jochum, J., Sachsenhofer, R.F., Russegger, B., Schroll, E., and B. Horsfield, 1999. Hydrocarbon-bearing fluid inclusions in the Drau Range (Eastern Alps, Austria): implications for the genesis of Bleiberg-type Pb-Zn deposits. *Mineralogy and Petrology*, 65, 141-159
- Rasmussen, B. and Krapez, B., 2000. Evidence of hydrocarbon and metalliferous fluid migration in the Palaeoproterozoic Earahedy Basin of Western Australia. *Journal of the Geological Society*, 157(2), 355-366

- Rickard, D.T., Willden, M., Marde, Y., and Ryhage, R., 1975. Hydrocarbons associated with lead-zinc ores at Laisvall, Sweden. *Nature*, 255, 131-133
- Rouvier, H., Perthuisot, V., and Mansouri, A., 1985. Pb-Zn Deposits and Salt Bearing Diapirs in Southern Europe and North Africa. *Economic Geology*, 80, 666-687
- Saintilan, N.J., Spangenberg, J.E., Chiaradia, M., Chelle-Michou, C., Stephens, M.B., and Fontboté, L., 2019. Petroleum as source and carrier of metals in epigenetic sediment hosted mineralization. *Scientific Reports*, 9, 8283
- Shabo, Z.V., Alekseyeva, N.I., Mamchur, G.P., and Manzhas, N.I., 1983. Organic compounds of the Slavyansk ore shows and their association with endogenic mineral formation. *International Geology Review*, 25, 299-308
- Spangenberg, J.E. and Macko, S.A., 1998. Organic geochemistry of the San Vicente zinc-lead district eastern Pucara Basin, Peru. *Chemical Geology*, 146, 1-23
- Spangenberg, J. E. and Herlec, U., 2006. Hydrocarbon biomarkers in the Topla-Mežica Zn-Pb deposits, Northern Karavanke/Drau Range, Slovenia: Paleoenvironment at the site of ore formation: *Economic Geology*, 101, 997-1021
- Spirakis, C.S. and Heyl, A.V., 1992. Organic matter (bitumen and other forms) as the key to localisation of Mississippi Valley-type ores. In: Parnell J, Kucha H, Landais P (eds) *Bitumen in Ore Deposits*. Springer, 381-398
- Spry, P.G., Mathur, R.D., Bonsall, T.A., Voudouris, P.C., and Melfos, V., 2014. Re-Os isotope evidence for mixed source components in carbonate-replacement Pb-Zn-Ag deposits in the Lavrion district, Attica, Greece. *Economic Geology*, 108(4), 503-513
- Stein, H.J. and Hannah, J., 2014. Rhenium-Osmium Geochronology: Sulfides, Shales, Oils, and Mantle. *Encyclopedia of Scientific Dating Methods*. 1-25, DOI 10.1007/978-94-007-6326-5_36-1
- Sverjensky, D.A., 1984. Oil field brines as ore-forming solution. *Economic Geology*, 17, 23-37
- Wallace, M.W., Middleton, H.A., Johns, B., and Marshallsea, S., 2002. Hydrocarbons and Mississippi Valley-type sulfides in the Devonian reef complexes of the eastern Lennard Shelf, Canning Basin, Western Australia. In: M. Keep and S.J. Moss (Editors), *Sedimentary Basins of Western Australia: Proceedings of Petroleum Exploration Society of Australia Symposium*, Perth, 3, 795-816
- Wu, Y., Zhang, C., Mao, J., Ouyang, H., and Sun, J., 2013. The genetic relationship between hydrocarbon systems and Mississippi Valley-type Zn-Pb deposits along the SW margin of Sichuan Basin, China. *International Geology Review*, 55(8), 941-957
- Xiong, S., Jiang, S., Ma, Y., Liu, T., Zhao, K., Jiang, M., and Zhao, H., 2019. Ore genesis of Kongxigou and Nanmushu Zn-Pb deposits hosted in Neoproterozoic carbonates, Yangtze Block, SW China: Constraints from sulfide chemistry, fluid inclusions, and in situ S-Pb isotope analyses. *Precambrian Research*, 333, <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2019.105405>
- Yang, W. and Liu, Y., 1992. Geochemical data for organic matter in stratabound sulphide and other ore deposits in China. In: Parnell J, Kucha H, Landais P (eds) *Bitumen in Ore Deposits*. Springer, 415-430
- Yao, J., Hua, R., Qu, W., Qu, W., Lin, J., and Du, A., 2007. Re-Os isotope dating of molybdenites in the Huangshaping Pb-Zn-W-Mo polymetallic deposit, Hunan Province, South China and its geological significance. *Science in China Series D: Earth Sciences*, 50(4), 519-526
- Zhang, F., Liu, S., Li, Q., Sun, Y., Wang, Z., Yan, Q., and Yan, Z., 2011. Re-Os and U-Pb geochronology of the Earlihe Pb-Zn deposit, Qinling Orogenic Belt, Central China, and constraints on its deposit genesis. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, 85(3), 673-682

ÜRETKEN TASARIM VE TOPOLOJİ OPTİMİZASYONU YAKLAŞIMLARIYLA ÜRÜN TASARIMI

PRODUCT DESIGN WITH GENERATIVE DESIGN AND TOPOLOGY OPTIMIZATION APPROACHES

Arş. Gör. Oğulcan Eren

Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Endüstriyel Tasarım Müh. Bölümü

Doç. Dr. H. Kürşad Sezer

Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Endüstriyel Tasarım Müh. Bölümü

ÖZET

Günümüzde gelişen imalat yöntemleri (eklemeli imalat, dijital üretim vs.) sayesinde karmaşık geometriye sahip parçalar kolayca üretilebilir hale gelmiştir. Böylece malzeme sarfiyatı, ağırlık ve zaman gibi parametrelerin önemli ölçüde azaltılabilmesi mümkün olmaktadır. Bu gibi durumlarda (tasarım esnekliğinin sınırsız olduğu ve organik yüzeyler içeren tasarımlarda) hafif ve yüksek performanslı parçaların tasarımı ve analizinde üretken tasarım (generative design) ve topoloji optimizasyonu teknikleri ileri düzey üretim uygulamalarında oldukça yaygın ve aktif olarak kullanılmaktadır. Topoloji optimizasyonu, belirli bir tasarım alanı üzerinde, belirli sınır şartları ve kısıtlamaları için sayısal bir amaç fonksiyonu oluşturularak sonrasında kullanılan malzeme miktarının en aza indirgenmesini sağlayan bir tasarım aracıdır. Topoloji optimizasyonunda algoritma verilen kısıtlamalar içerisinde minimum ağırlığı sağlamak için parça çıkarma işlemi gerçekleştirilmektedir. Üretken tasarım ise, tasarım ve mühendislik problemleri için sayısız çözümü bulut ve yapay zeka tabanlı bir sistem üzerinde hızlı bir şekilde çözerek kullanıcıya hedeflerine uygun bir dizi çözümü sunmaktadır. Üretken tasarımda kullanıcının parçaya ait tüm geometriyi çizmesi beklenmez. Sadece kısıtlama ve kuvvet şartlarının uygulandığı geometriler belirlendiğinde yapay zeka temelli algoritma ile tümleşik parça örülmektedir. Bu çalışmada otomobil amortisör sistemlerinde kullanılan alt salıncak kolunun tasarımı üzerinde üretken tasarım ve topoloji optimizasyonu yapılarak elde edilen sonuçlar hafiflik ve dayanım parametreleri açısından kıyaslanmıştır. Sonuçlar, üretken tasarımın parça ağırlığı ve maksimum gerilmeyi topoloji optimizasyonuna göre oldukça fazla azalttığını göstermektedir. Fakat üretken tasarım ile elde edilen parçanın geleneksel üretim yöntemlerine uygun olmaması ve sadece eklemeli imalat gibi yöntemlerle üretilebilir olması üretim maliyetlerini çok büyük ölçüde arttırmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Topoloji Optimizasyonu, Üretken Tasarım, Ürün Tasarımı

ABSTRACT

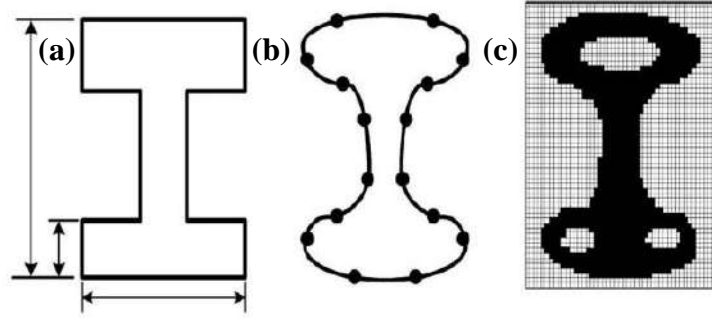
Nowadays, thanks to developing manufacturing methods (additive manufacturing, digital production, etc.), parts with complex geometry are easily manufactured. Thus, it is possible to significantly reduce the parameters such as material consumption, weight and time. Generative design and topology optimization techniques are widely and actively used in the design and analysis of light and high-performance components. Topology optimization is a design tool that creates a numerical objective function for specific boundary conditions and constraints on a given design area, thereby minimizing the amount of material used. In topology optimization, the algorithm performs part removal to ensure minimum weight within the given constraints. On the other hand, generative design provides numerous solutions for design and engineering problems to the user by quickly solving them on a cloud and artificial intelligence based system. Generative design is not expected to draw all the geometry of the part by the designer. When only the geometries to which constraint and force conditions are applied are determined, the part integrated with artificial intelligence based algorithm is knitted. In this study, generative design and topology optimization of lower swing arm used in automobile shock absorber systems were compared in terms of lightness and strength parameters. The results show that generative design considerably reduces part weight and maximum stress compared to topology optimization. However, the fact that the part obtained by generative design is not suitable for traditional production methods and that it can only be produced by methods such as additive manufacturing increases the production costs to a great extent.

Keywords: Topology Optimization, Generative Design, Product Design

GİRİŞ

Gelişen üretim teknolojileri ile birlikte kolay ve hızlı bir şekilde yüksek performanslı parçalar üretilebilirler. Üretim alanındaki bu gelişmeler tasarım aşamasına da etki ederek tasarım esnekliği sunmaktadır. Böylece karmaşık yüzeye sahip hafif ve mukavim parçalar tasarım aşamasından sonra Eklemeli İmalat (Eİ) gibi teknolojiler sayesinde doğrudan imal edilebilir. Tasarımdan imalata esnek ve hızlı şekilde giden bu yeni nesil üretim teknolojilerinde tasarım aşamasında kullanılmak üzere yeni nesil araçlar geliştirilmiştir. Üretken tasarım ve topoloji optimizasyonu gibi bu tasarım araçları genel itibari ile maksimum rijitlik ve minimum ağırlık prensibi ile sınır ve gerilim şartları korunarak parça geometrisinin tekrar şekillendirilmesi prensibine dayanmaktadır. Bu yaklaşımlardan ilki olan optimizasyon tekniklerinde parçanın işlevi değiştirilmeden ağırlığı azaltılarak optimum forma kavuşması hedeflenmektedir. Boyut, şekil ve topoloji optimizasyonu olarak üçe ayrılan yapısal optimizasyon yöntemleri arasında

topoloji optimizasyonu, kapsamlı yeni fikirler sunması nedeniyle en kapsamlı yöntem ve yapısal optimizasyonun en genel tanımı olarak kabul edilir [1-2]. Boyut optimizasyonunda ise yapıdaki her bir elemanın boyutları değiştirilerek optimal kesit alanı bulur ve ideal form elde edilir. Şekil optimizasyonunda ise yapının bağlantı elemanları değiştirilmeden sadece dış kabuğunun geometrisi değiştirilir [1]. Şekil 1’de bahsedilen farklı optimizasyon teknikleri arasındaki farklılıklar gösterilmektedir.



Şekil 1. Optimizasyon çeşitleri (a) boyut (b) şekil ve (c) topoloji [3]

Topoloji optimizasyonunun uygulanması süreci mevcut Bilgisayar Destekli Çizim (CAD) modeli üzerinde optimizasyonun uygulanacağı alanın belirlenmesi ile başlar. Bu kapsamda üzerinde değişiklik yapılmayacak geometriler işaretlenir. Sonraki aşamada sınır şartları belirlenerek parça üzerine yükler uygulanır. Boşaltma oranı ve işlemde beklentiler ilgili program ara yüzünde belirlenerek analiz işlemi başlatılır. Bu aşamada optimizasyon algoritması parça yüzeyinde oluşan gerilmeleri belirleyerek düşük gerilme değerlerinin olduğu bölgeleri parça geometrisinden çıkarma işlemi yapar. Analiz ardından elde edilen geometri incelenir ve istenilen sonucun elde edilmemesi durumunda işlem tekrarlanır [4-5].

Üretken tasarım, doğanın gelişimine odaklanan ve bu anlamda doğayı taklit eden bir tasarım yaklaşımıdır [6]. Bu yaklaşımda süreç tasarım hedeflerinin belirlenmesi ile başlar. Tasarımcılar modele ait yükler, mesnetler, malzeme bilgisi, tasarım koşulları ve üretim yöntemleri gibi girdi parametrelerini belirlerler. Ayrıca güvenlik faktörü, boşaltma oranı ve maliyet gibi kısıtlamalarda üretken tasarım sürecinde belirlenebilir. Çözüm aşamasında yapay zeka ve makine öğrenmeye dayalı yinelemeli tasarım süreci ile belirli kısıtlamaları karşılayan en uygun çözümler belirlenir. Üretken tasarım topoloji optimizasyonunda olduğu gibi parça çıkarma işlemine dayanmaz. Bunun yerine kısıtlamalara bağlı kalarak yeni geometrilerin oluşturulması prensibi ile çalışır. Yine topoloji optimizasyonundan farklı olarak, üretken tasarım algoritması tüm olası çözümlerini araştırır. Her yinelemeden sonra modeli test eder, öğrenir ve farklı tasarım alternatiflerini bulut tabanlı bir sistemde hızlıca oluşturur [7]. Süreç sonunda ortaya çıkan model genellikle geleneksel tasarım süreci kullanılarak elde edilemez (Şekil 2). Çünkü nihai formlar belirli bir ihtiyaca uyacak şekilde tasarlandığından, şekil benzersizdir ve genellikle organik olarak adlandırılır [8]. Yeni üretim yöntemleri ve özellikle

consist of brass body, stainless steel ball, gaskets and drive shaft. There is a spindle seat on the top of the sphere, and the spindle seated there rotates 90 degrees with the sphere when the motor is driven and rotated, opening the valve or closing it with the opposite process. When they were first made, they were less used due to the difficulty in providing metal-to-metal seals. However, PTFE (Teflon) etc. The use of suitable materials such as, and furthermore, the reinforcement of the teflon sealing gasket with the stainless steel spring provides a much better and long lasting seal. These valves may have a complex design that does not allow the production of prototypes by conventional methods (subtraction or machining) before switching to serial production. They can use additive manufacturing (EI) methods in the production of these complex structures. Melt deposition method (FDM), which is one of the additive manufacturing methods, is seen as the most easily accessible and most common technology (70% of 3D Printers) among other technologies. The FDM method is based on the method of laying the thermoplastic filament through a preheated nozzle, laying a semi-melt layer on the surface of the table. In this study, the results of the mechanical valve body, which can be considered as a complex geometry used in additive manufacturing technology and smart water meters, in the production of prototypes with FDM technology were investigated. PLA was used as filament material. Superficial problems encountered in the spherical valve prototypes printed with 200 micron layer thickness and 35 percent occupancy rate were examined and solutions were presented. It has also been emphasized in which situations the prototypes of ball valves produced with FDM technology can be used. The effects of the parameters such as layer thickness, support structures, fill rate in terms of surface quality and dimensional tolerance were also investigated.

Keywords: FDM Valve Prototype , FDM Technology, 3D Printed Ball Valve

1. GİRİŞ

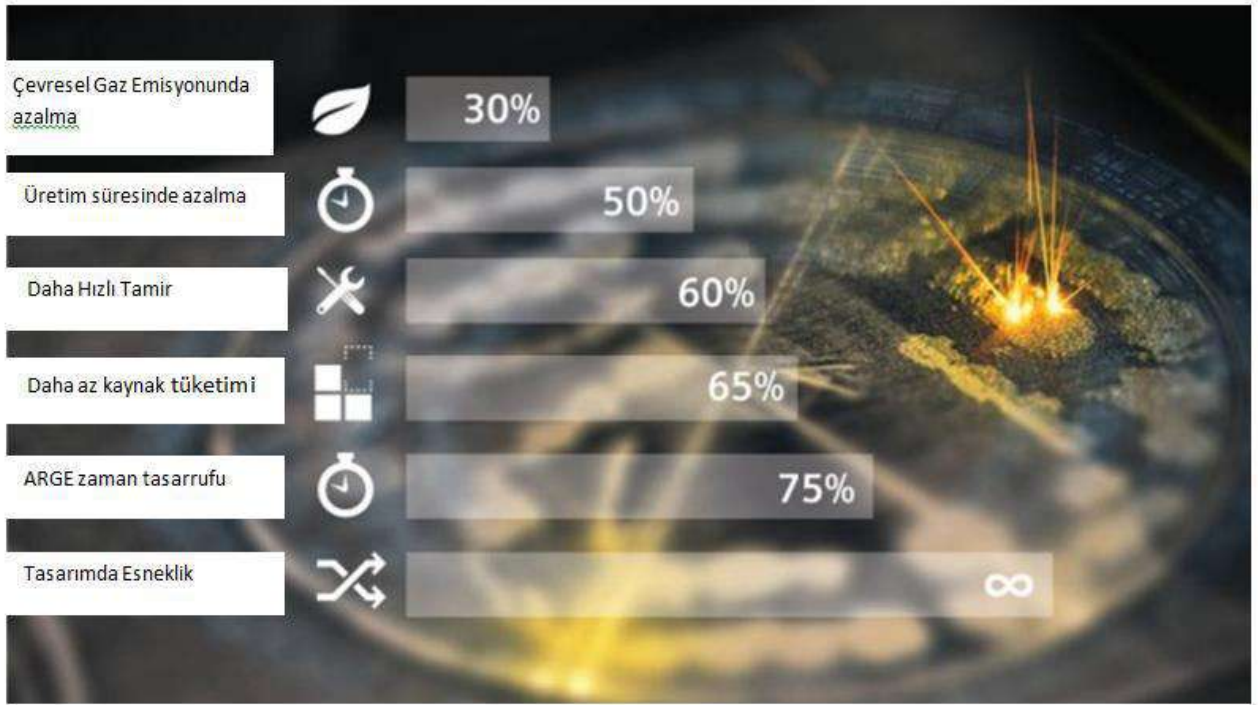
Su sayacında kullanılan küresel vanalar; pirinç gövde, küre, motor mili ve contalardan meydana gelir. Kürenin üst kısmında bir mil yuvası bulunmaktadır ve buraya oturan mil, motor ile tahrik verilip döndürüldüğünde küre ile birlikte 90 derece dönerek vanayı açmakta yada tersi işlemle kapamaktadır. İlk yapıldıklarında metal-metale sızdırmazlık teminindeki güçlük nedeni ile daha az kullanılıyorlardı. Ancak PTFE (Teflon) vs. gibi uygun malzemelerin kullanılması, bunun da ötesinde teflon sızdırmazlık contasının paslanmaz çelik yay ile takviye edilmesi çok daha iyi ve uzun ömürlü sızdırmazlık imkanı sağlamaktadırlar. Avantajları:

- Basınç kaybı azdır. (Tam geçişli olanlarda çok az)
- Açıp kapaması kolaydır. Bu madde akıllı sayaçlarda pilin çok yüksek akım çekmemesi nedeniyle ömrü iyi yönde etkilemektedir.
- Küreyi 90°C çevirmek vanayı açmak veya kapatmak için yeterlidir.
- Çift sızdırmazlık sisteminden dolayı % 100 ve uzun ömürlü sızdırmazlık sağlar.

- Ayar vanası olarak kullanılmak da mümkündür. Ancak, esas olarak tam açık ve tam kapalı konumlar için tavsiye edilirler.
- Daha hafif olmaları ve az yer kaplamaları da bir diğer avantajlarıdır.

Bu avantajlar küresel vanalara olan ilgiyi arttırmaktadır. Fakat, sızdırmazlık malzemesi olarak kullanılan teflon gibi plastik maddeler kullanma sıcaklığını kısıtlamaktadır. Teflon sızdırmazlık elemanları ile 250°C'ye kadar kullanılmak mümkündür. Tam geçişli küresel vanalarda küre geçişi ile boru içi çapı aynıdır. Basınç kayıplarının sıfıra yakın olması, fırça vs. gibi şeylerle temizlemeye uygunluğu nedeni ile yaygın kullanılmaktadır. Daha ziyade basınç kaybı istenmeyen yerlerde tercih edilirler.[1] Su sayaçlarında kullanılan küresel vanalar korozyon direnci yüksek olması nedeniyle pirinçten üretilirler. Buna ek olarak pirinç malzeme diğer metallerle nazaran nispeten hafif olması nedeniyle nakliye masrafları da daha düşük olur. Döküm sonrası parçanın talaşlı imalatı da çeliğe göre daha kolaydır.

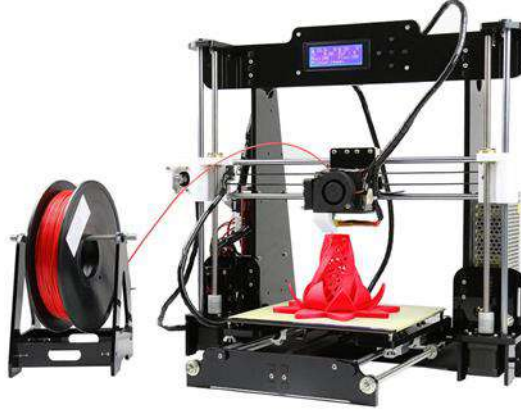
3D yazıcıların, bir ürünün prototip üretilme aşamasındayken geleneksel yöntemlerle üretime göre zaman, maliyet ve daha kolay bir süreç olması nedeniyle enerji sektöründe sıklıkla kullanılmaktadırlar (Şekil 1) [2].FDM teknolojisine sahip yazıcılar ergiyik biriktirme yöntemi ile makaraya sarılı bir filamentten nozzle'a doğru step motor yardımıyla itirilerek ürünü ortaya çıkarırlar. Prosese CAD formatında bulunan tasarımın STL formatına dönüştürülmesiyle başlanır. Ardından STL formatındaki dosya dilimleyici programa iletilerek dilimleyici programda yazıcıda kullanılmak istenilen ayarlar belirlenir ve dilimleyici program üzerinden step motorların anlayacağı bir dile "gkodu" dosyasına çevrilerek kullanılırlar.



Şekil 1. Enerji sektöründe eklemeli imalatın etkisi[3].

2. PROTOTİP İÇİN MALZEME VE YAZICI SEÇİMİ

Prototip aşamasında kompleks tasarıma sahip bir ürünün geleneksel yöntemlerle üretilmesi üretici tarafından zorlayıcı olabilir. Geleneksel yöntemlerden kalıba eriyik döküm yöntemi pirinç vanalarda sıklıkla kullanılan bir yöntemdir ve henüz prototip-tasarım aşamasında olan bir ürünün kalıbı hazırlanması maddi açıdan üreticiyi zorlayabilir ve herhangi bir hata durumunda tasarımda yapılan değişiklikler zaman ve maddi kayba yol açar. Bu şartlar oluştuğunda alternatif üretim yöntemlerinden eklemeli imalat devreye girer.



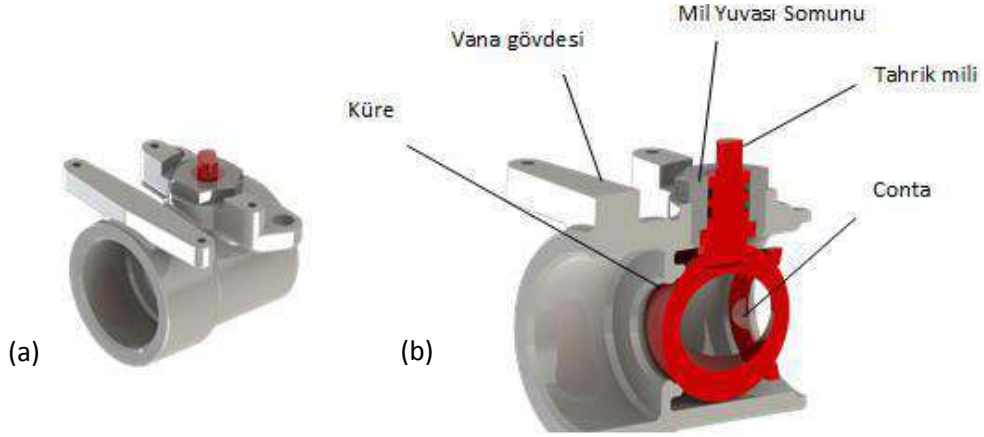
Şekil 2. Anet A8 FDM Yazıcı[4].

2.1 Malzeme Seçimi

Kullanılan yazıcı ofis/ev ortamında bulunacağı için bu çalışmada kullanılan malzeme, eridiğinde çevreye zararlı gaz yaymayan PLA (polylactic acid) olarak belirlenmiştir. Renk olarak tasarıma uygun olan gri renk seçilmiştir. Düzgün bir yüzey elde etmek için 22x22cm lamine cam üzerinde baskı alınmıştır. Bunun nedeni tablada herhangi bir ek malzeme(yapıştırıcı sıvılar, yapışkan bantlar) kullanılmadan yapışma işleminin kolayca gerçekleşmesi ve tablaya basan parça yüzeyinin kalitesinin iyi elde edilmesinin hedeflenmesidir.

2.2 Küresel Vana Bileşenlerinin Seçimi

Prototip aşamasında Manas Enerji Yönetimi San. Tic. AŞ ürünü olan küresel vana örnek alınmıştır. Vana gövdesi seri üretim için pirinç seçilmiştir ancak geleneksel yöntemlerle üretilmesi zaman ve maliyet oluşturacağı için prototip üretiminde plastik malzeme kullanılması öngörülmüştür. Küre ve mil takımının (şekil 3-b) FDM yazıcı ürünü olmaması yüzey kalitesi ve mukavemet açısından plastik malzemeye göre daha yüksek olacağı varsayıldığı için paslanmaz çelik kullanılmıştır ve FDM ile üretilmemesi öngörülmüştür. Kullanılan küre, mil ve conta takımı piyasada bulunan standart ürünler veya konvansiyonel yöntemlerle kolayca üretilebilecek ürünler seçilmiştir. Vana uzunluğu 48,4 cm, vana yüksekliği 46 cm ve vana genişliği 57 cm'dir.



Şekil 3. (a) Prototip üretilecek vananın tasarımı (b) Küresel vananın tam kesit görüntüsü ve bileşen tanımlamaları [5].

2.3 Yazıcı Parametreleri

Doğru bir baskı elde etmek için çoğu FDM makinesinde ayarlanabilen birçok parametre vardır. İnşa hızı, ekstrüzyon hızı ve nozül sıcaklığı, ekstrüde filamentin kıvamını kontrol eder ve operatör tarafından ayarlanır (bazı makineler yazdırılan malzemenin türüne göre otomatik ön ayarları kullanır). Temel düzeyde, nozül çapı ve katman yüksekliği, FDM yöntemiyle yazdırılmış parçanın çözünürlüğünü tanımlar. Aslında tüm parametreler bir parçanın boyutsal doğruluğunu tanımlarken, daha küçük bir nozül çapı ve daha düşük katman yüksekliği genellikle pürüzsüz bir yüzeye ve daha yüksek seviyede bir ayrıntıya ihtiyaç duyulan parçalar için çözümler olarak görülür. Bu bağlamda kullanılan yazıcının özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

XY Eksen Konumlandırma Doğruluğu	0.012 mm
Z Eksen Konumlandırma Doğruluğu	0.004 mm
Ekstrüder Sayısı	1
Ekstrüder Çapı	0.4 mm
Baskı Malzemesi	PLA
Baskı Rengi	Gri
Baskı Hassaslığı	0.1 mm
Baskı Alanı	22x22x24 cm (XYZ)
Filament Çapı	1.75 mm
Veri Formatı	(STL, Gcode)
Güç Kaynağı	DC 12 V/ 20 A

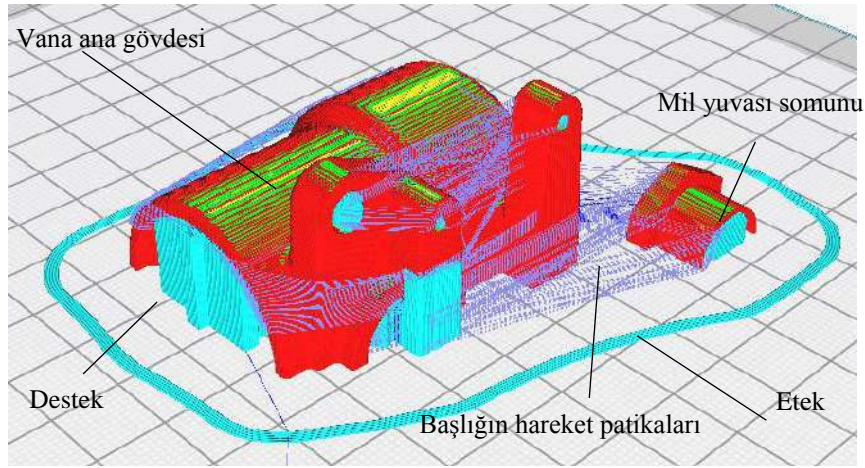
Tablo 1. Çalışmada kullanılan yazıcı özellikleri [6].

3. DİLİMLEME PROGRAMI GİRDİLERİ VE DENEYSEL BULGULAR

Dilimleyici program olarak Ultimaker Cura 3.6.0 kullanılmıştır. Tasarımın fuar amaçlı prototip olarak üretileceği varsayıldığı için tam kesit alınarak yazdırılma işlemi gerçekleştirilip baskı detaylarının daha iyi inceleneceği öngörülmüştür. Prototipte katman kalınlığı 200 mikron olarak seçilmiştir. İlk katman kalınlığı tabla ile daha iyi bir yapışma için %10 daha düşük ayarlanmıştır. Parça tablaya iki farklı oryantasyonda yerleştirilmiştir ancak iki farklı oryantasyonda da parametreler aynıdır(Şekil 5 ve Şekil 6) Program ve yazıcı veri girdileri Tablo 2'deki gibidir.

Katman Kalınlığı	0.2 mm
İlk Katman Yüksekliği	0.18 mm
Çizgi Kalınlığı	0.4 mm
Nozzle Sıcaklığı	195 C
Yatak Sıcaklığı	65 C
Yazdırma Hızı	40 mm/sn
Doluluk Oranı	%35
Akış Oranı	%105
Etek Modu	Açık
Kabuk Kalınlığı	1 mm
Destek Doluluk Oranı	%40

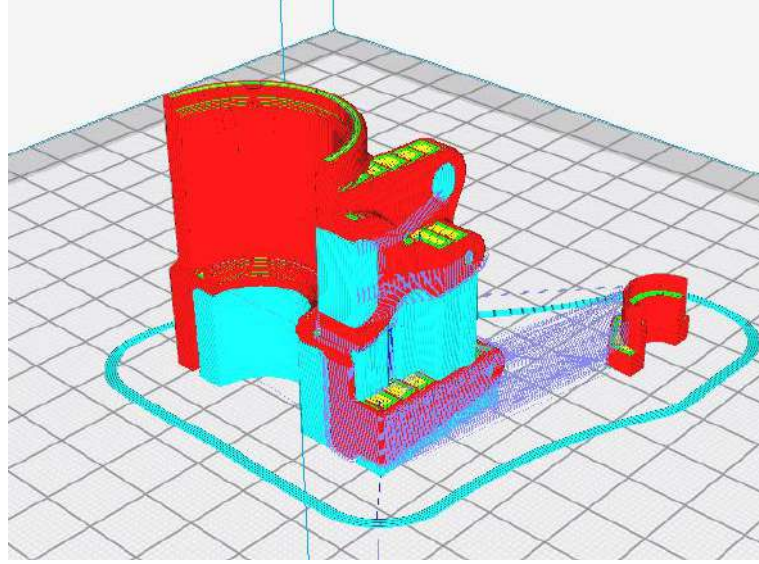
Tablo 2. Dilimleme programı ve yazıcıda kullanılan deney girdileri



Şekil 5. Küresel vana gövdesinin dilimleyici programda tabla düzlemine 0° açıyla konumlandırılması.

Dilimleyici programda ayarlanan doluluk oranı parça mukavemetine, destek doluluk oranı ise desteğin neden olduğu yapının mukavemetine ve destekten sonra yazdırılan ilk katmanın kalitesine direkt olarak etki etmektedir. Doluluk oranı ne kadar artarsa bu etkiler de doğru orantılı artmaktadır ancak destek doluluk oranı çok yüksek olursa desteği baskı bitiminden

sonra sökmek zorlaşabilir. Kabuk kalınlığı ise parçanın cidar kalınlığıdır. Şekil 5 de görülen örümcek ağına benzeyen yapılar ise ekstrüder başlığının hareket patikalarıdır. Şekil 6’da parça tablaya yatayda 90° açıyla olacak şekilde dik yerleştirilmiştir. Böylece tasarımın dairesel geometrisinin baskı üzerindeki etkisinin aynı ayarlar kullanılarak iyileştirilmesi amaçlanmıştır.



Şekil 6. Küresel vana gövdesinin dilimleyici programda tabla düzlemine 90° açıyla konumlandırılması.

Bazı FDM yazıcılarda parça baskısı öncesinde nozzle ve ısıtıcı tabla uygun görülen sıcaklığa ısıtılırken nozzle’ın ucunda bir miktar filament basınçtan dolayı akar ve nozzle içinde boşluk oluşur. Direkt parça yazdırma işlemine geçilirse yazdırılan ilk katmanda extrude edilen filament nozzle içindeki boşlukları dolduracağı için ortalama 5 saniye step motorlar yazdırma işlemi için harekete geçerken nozzle’dan plastik akmaz , bu boşlukların baskı kalitesini etkilememesi için “etek” adı verilen mod deneylerle bu probleme uygun çözüm olarak aktifleştirilmiştir. Böylece nozzle’daki boşluktan dolayı yazdırılmayan kısımlar etek denilen yapıya denk getirilip parça ilk katmanına geçmeden bu sorun ortadan kalkmıştır.

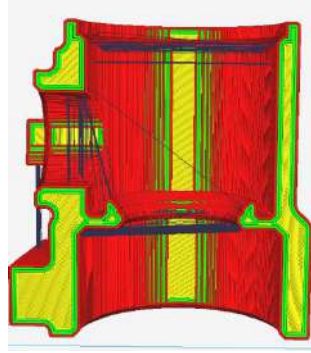
4.SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME

4.1 Parça Oryantasyonu

Diğer imalat süreçlerinde olduğu gibi, Hızlı protipleme (HP) prosesine başlamadan önce süreç planlama önemlidir. Parçayı oluşturmak için kullanılan FDM yönteminde, parçanın oryantasyonu (dikey – parça eksen – yüzey açısı 90° derece, yatay – parça eksen yüzeye paralel, yada parça eksenine göre eğik açılı bastırma) parçanın kalitesini ve işlemin hızını etkileyen önemli bir faktördür. Proseste farklı bir parça oryantasyonu bunların yanında mekanik özellikleri, destek yapı ihtiyacını, maliyetleri de doğrudan etkileyebilir. Optimum parça oryantasyonunun bu açılardan ayrıntılı bir şekilde incelenip tanımlanması gereklidir. Genel olarak, yalnızca bir yada birkaç parça yazdırılırsa yapı yüksekliği azaltılmalıdır. Fakat

FDM prosesinde katmanlı yapı parçaların fundamental olarak bir yönde zayıf olacağı da hesaba katılmalıdır. Yani parçanın oryantasyonu aslında son ürünün her bir yöndeki mukavemetine doğrudan etkisi vardır.

Şekil 7’de bulunan baskısı alınmış prototip, tabla düzlemine 0° açıyla konumlandırılarak basılmış olup prototipten istenilen kalitede sonuçlar alınamamıştır. Vananın dairesel yapısının bu açıdaki konumlandırmaya uygun olmadığı gözlemlenmiştir.(Şekil 7) Gözlemlenen çizgisel baskılı katmanlar paslanmaz kürenin gövdeye sadece çizgisel olarak temas etmesine olanak vermektedir. Buna ek olarak iç yüzeyde destekli yapının bitip destekten sonraki ilk katman yazdırılmasında oluşan hatalar da gözlemlenmiştir. (Şekil 8)



Şekil 7. Tabla düzlemine 0° derece açıyla konumlandırılmış baskının katman yapısı



(a)



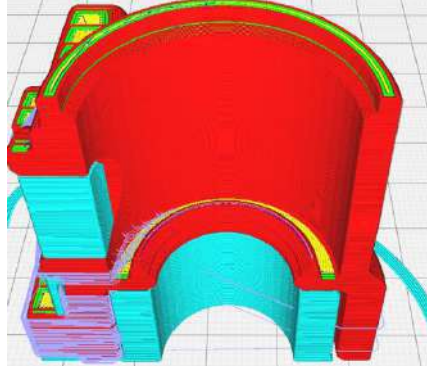
(b)

Şekil 8. (a)Tabla düzlemine 0° derece açıyla konumlandırılmış küresel vana dış yüzey görüntü detayı. (b) Tabla düzlemine 0° derece konumlandırılmış küresel vana iç yüzey detayı.

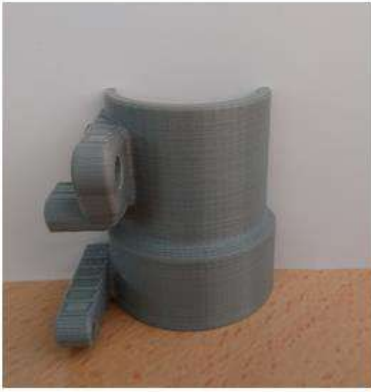
Tabla düzlemine 0° açıyla konumlandırılıp baskısı alınan parça 6,64 metre filament tüketmiş olup destekler üzerindeyken 20 gram kütleye sahiptir. Yazdırma işlemi girdi parametreleriyle 1 saat 44 dakika sürmüştür.

Şekil 8’de gösterilen prototip, tabla düzlemine 90° derece konumlandırılarak basılan prototip olup sonuçlar daha efektif olmuştur. Konumlandırmanın parçanın dairesel yüzeyine uygun olması nedeniyle paslanmaz kürenin iç yüzeye oturması çizgisel değil, yüzeysel olmaktadır bu

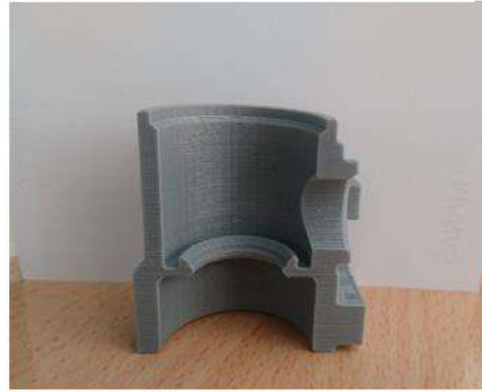
da sızdırmazlıkta büyük rol alıp prototipin saha testinde kullanılmasına olanak sağlamaktadır.(Şekil 9 ve Şekil 10)



Şekil 9. Tabla düzlemine 90° derece konumlandırılmış baskının katman yapısı



(a)



(b)

Şekil 10. (a) Tabla düzlemine 90° derece konumlandırılmış küresel vana dış yüzey görüntü detayı. (b) Tabla düzlemine 90° derece konumlandırılmış küresel vana iç yüzey detayı.

4.2 Maliyet ve Ölçüsel Doğruluk

FDM yazıcılarda temel maliyet giderleri; baskı süresi, kullanılan malzeme cinsi ve miktarıdır. Baskı süresi uzadıkça makinede bulunan parçaların ömrü ve sarf edilen elektrik enerjisi doğru orantılı olarak artmaktadır ve buna bağlı olarak periyodik bakım süreleri sıklaşmaktadır. Üretilen iki eklemeli imalat baskısını karşılaştırdığımızda düzleme dik yerleştirilen ürünün maliyet açısından daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Daha kısa sürede ve daha az malzeme kullanılarak üretilen üründe görsel ve mekanik özelliklerin daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. Ölçüsel doğrulukta iki üründe tolerans payları içinde kalmıştır. (± 200 mikron) (Tablo 3) Konvansiyonel yöntemlerle karşılaştırıldığında eklemeli imalatın prototip aşamasında oldukça ekonomik olduğu gözlemlenmiştir.

	Tabla Düzlemine 90 Derece Açıyla Konumlandırılan Parça	Tabla Düzlemine 0 Derece Açıyla Konumlandırılan Parça
Vana Uzunluğu(Tasarımda 48,4 mm)	48,25	48,30
Tüketilen Filament	6,20 Metre	6,64 Metre
Tabladaki Ürün Kütlesi	18 Gram	20 Gram
Baskı Süresi	1 Saat 33 Dk	1 Saat 44 Dk

Tablo 3. FDM yazıcı ile üretilen iki ürünün çıktıları

4.3 Değerlendirme ve Yorum

Konvansiyonel yöntemlerle üretimi zor olan karmaşık ve asimetric geometriye sahip su sayaçlarında kullanılan küresel vanaların prototip üretiminin eklemeli imalat yöntemi kullanılarak üretilmesi maliyet ve zaman faktörleri açısından istenilen başarıya ulaşmıştır. Yapılan çalışmalar ışığında FDM yazıcı teknolojisi kullanılarak basılan küresel vana prototiplerinin konvansiyonel üretim yöntemlerine göre üretilebilirlik, maliyet ve zaman bakımından daha iyi sonuçlar verebileceği gözlemlenmiştir. Dilimleme programında parçanın konumlandırılmasının önemi iki örnekle açıklanmıştır. FDM yazıcılar ile basılan küresel vanalarda karşılaşılabilecek sorunların çözümlerinin ne olabileceği araştırılmış ve çözümler sunulmuştur.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada küresel vana tasarımının sahibi Manas Enerji Yönetimi San. Tic. AŞ'ye ve yardımlarından dolayı Gazi Üniversitesi Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Bölüm Başkanlığı'na teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

1. **C Ünlü**, (1993) Tesisatların Önemli Elemanı Vanalar”,[Important Elements Of Installations Valves] [Article in Turkish] <https://www.termodinamik.info/dosya/tesisatlarin-onemli-eleman-vanalar>, 5 Ağustos
2. **Ronan Ye**, (2018) The Advantages Of Rapid Manufacturing Over Traditional Manufacturing Methods, <https://www.3erp.com/rapid-manufacturing-versus-traditional-manufacturing-methods/>, 5 Haziran 2018
3. SIEMENS “Schnell,effizient,flexibel:Additive Manufacturing(3D-Druck)im Energiesektor”, <https://new.siemens.com/global/de/produkte/energie/services/instandhaltung/ersatzteile/additive-fertigung.html> Son Erişim Tarihi 20 Aralık 2019
4. İnternet: “Anet a8 Masaüstü Yazıcı”,[Anet a8 Desktop Printers], https://tr.gearbest.com/3d-printers-3d-printer-kits/pp_337314.html Son Erişim Tarihi 20 Aralık 2019
5. **Serdar Gürel**, Kişisel Erişim,[Personal Communication], 12 Aralık 2017
6. İnternet “Anet A8 DIY 3D Printer Kit 1.75 mm/0.4 mm Support ABS/PLA/HIPS”, https://www.banggood.com/tr/Anet-A8-3D-Printer-DIY-Kit-1_75mm-0_4mm-Support-ABS-PLA-HIPS-p-1130694.html?cur_warehouse=CN Son Erişim Tarihi 20 Aralık 2019

FDM YAZICI İLE KÜRESEL VANA PROTOTİP ÇALIŞMASI

Burak Berk ARINCI

Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Endüstriyel Tasarım Mühendisliği

Arş. Gör. Oğulcan EREN

Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Endüstriyel Tasarım Mühendisliği

Doç. Dr. H. Kürşad SEZER

Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Endüstriyel Tasarım Mühendisliği

ÖZET

Vanalar su, gaz, basınç içeren ortamlarda, bu bileşenleri kontrol altına alan mekanik, elektro-mekanik bileşenlerdir. Su sayaçlarında yaygın olarak kullanılan küresel vanalar pirinç gövde, paslanmaz çelik küre, contalar ve tahrik milinden oluşmaktadırlar. Kürenin üst kısmında bir mil yuvası bulunmaktadır ve buraya oturan mil, motor ile tahrik verilip döndürüldüğünde küre ile birlikte 90 derece dönerek vanayı açmakta yada tersi işlemle kapamaktadır. İlk yapıldıklarında metal-metale sızdırmazlık teminindeki güçlük nedeni ile daha az kullanılıyorlardı. Ancak PTFE (Teflon) vs. gibi uygun malzemelerin kullanılması, bunun da ötesinde teflon sızdırmazlık contasının paslanmaz çelik yay ile takviye edilmesi çok daha iyi ve uzun ömürlü sızdırmazlık imkanı sağlamaktadırlar. Bu vanalar seri üretime geçiş yapmadan önce geleneksel yöntemlerle (eksilmeli yada talaşlı imalat) prototip üretmeye imkan sağlamayacak kadar kompleks bir tasarıma sahip olabilirler. Bu karmaşık yapıların üretiminde Eklemeli imalat (Eİ) yöntemleri kullanılabilir. Eklemeli imalat yöntemlerinden Ergiyik biriktirme yöntemi (FDM) diğer teknolojiler arasından en kolay ulaşılabilen ve en yaygın (3B Yazıcıların %70'i) teknoloji olarak görülmektedir. FDM yöntemi termoplastik filamentin önceden ısıtılmış nozuldan geçirilerek tabla yüzeyine yarı eriyik halde katman katman serilmesi yöntemine dayanmaktadır. Bu çalışmada eklemeli imalat teknolojisi ile akıllı su sayaçlarında kullanılan kompleks sayılabilecek bir geometriye sahip mekanik vana gövdesinin FDM teknolojisi ile prototip üretilmesindeki sonuçları incelenmiştir. Filament malzemesi olarak PLA kullanılmıştır. 200 mikron katman kalınlığı ve yüzde 35 doluluk oranı ile basılan küresel vana prototiplerinde karşılaşılan yüzeysel sorunları incelenmiş ve çözüm önerileri sunulmuştur. FDM teknolojisi ile üretilen küresel vana prototiplerinin hangi durumlarda kullanılabileceği üzerinde de durulmuştur. Baskı sürecinde katman kalınlığı, destek yapıları, doluluk oranı gibi parametrelerin yüzey kalitesi ve boyutsal tolerans açısından etkileri de incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: FDM Vana Prototipi ,FDM Teknolojisi,3B Basılmış Küresel Vana

ABSTRACT

Valves are mechanical, electro-mechanical components that control these components in environments containing water, gas and pressure. Commonly used in water meters, ball valves

consist of brass body, stainless steel ball, gaskets and drive shaft. There is a spindle seat on the top of the sphere, and the spindle seated there rotates 90 degrees with the sphere when the motor is driven and rotated, opening the valve or closing it with the opposite process. When they were first made, they were less used due to the difficulty in providing metal-to-metal seals. However, PTFE (Teflon) etc. The use of suitable materials such as, and furthermore, the reinforcement of the teflon sealing gasket with the stainless steel spring provides a much better and long lasting seal. These valves may have a complex design that does not allow the production of prototypes by conventional methods (subtraction or machining) before switching to serial production. They can use additive manufacturing (EI) methods in the production of these complex structures. Melt deposition method (FDM), which is one of the additive manufacturing methods, is seen as the most easily accessible and most common technology (70% of 3D Printers) among other technologies. The FDM method is based on the method of laying the thermoplastic filament through a preheated nozzle, laying a semi-melt layer on the surface of the table. In this study, the results of the mechanical valve body, which can be considered as a complex geometry used in additive manufacturing technology and smart water meters, in the production of prototypes with FDM technology were investigated. PLA was used as filament material. Superficial problems encountered in the spherical valve prototypes printed with 200 micron layer thickness and 35 percent occupancy rate were examined and solutions were presented. It has also been emphasized in which situations the prototypes of ball valves produced with FDM technology can be used. The effects of the parameters such as layer thickness, support structures, fill rate in terms of surface quality and dimensional tolerance were also investigated.

Keywords: FDM Valve Prototype , FDM Technology, 3D Printed Ball Valve

1. GİRİŞ

Su sayacında kullanılan küresel vanalar; pirinç gövde, küre, motor mili ve contalardan meydana gelir. Kürenin üst kısmında bir mil yuvası bulunmaktadır ve buraya oturan mil, motor ile tahrik verilip döndürüldüğünde küre ile birlikte 90 derece dönerek vanayı açmakta yada tersi işlemle kapamaktadır. İlk yapıldıklarında metal-metale sızdırmazlık teminindeki güçlük nedeni ile daha az kullanılıyorlardı. Ancak PTFE (Teflon) vs. gibi uygun malzemelerin kullanılması, bunun da ötesinde teflon sızdırmazlık contasının paslanmaz çelik yay ile takviye edilmesi çok daha iyi ve uzun ömürlü sızdırmazlık imkanı sağlamaktadırlar. Avantajları:

- Basınç kaybı azdır. (Tam geçişli olanlarda çok az)
- Açıp kapaması kolaydır. Bu madde akıllı sayaçlarda pilin çok yüksek akım çekmemesi nedeniyle ömrü iyi yönde etkilemektedir.
- Küreyi 90°C çevirmek vanayı açmak veya kapatmak için yeterlidir.
- Çift sızdırmazlık sisteminden dolayı % 100 ve uzun ömürlü sızdırmazlık sağlar.

- Ayar vanası olarak kullanılmak da mümkündür. Ancak, esas olarak tam açık ve tam kapalı konumlar için tavsiye edilirler.
- Daha hafif olmaları ve az yer kaplamaları da bir diğer avantajlarıdır.

Bu avantajlar küresel vanalara olan ilgiyi arttırmaktadır. Fakat, sızdırmazlık malzemesi olarak kullanılan teflon gibi plastik maddeler kullanma sıcaklığını kısıtlamaktadır. Teflon sızdırmazlık elemanları ile 250°C'ye kadar kullanılmak mümkündür. Tam geçişli küresel vanalarda küre geçişi ile boru içi çapı aynıdır. Basınç kayıplarının sıfıra yakın olması, fırça vs. gibi şeylerle temizlemeye uygunluğu nedeni ile yaygın kullanılmaktadır. Daha ziyade basınç kaybı istenmeyen yerlerde tercih edilirler.[1] Su sayaçlarında kullanılan küresel vanalar korozyon direnci yüksek olması nedeniyle pirinçten üretilirler. Buna ek olarak pirinç malzeme diğer metallerle nazaran nispeten hafif olması nedeniyle nakliye masrafları da daha düşük olur. Döküm sonrası parçanın talaşlı imalatı da çeliğe göre daha kolaydır.

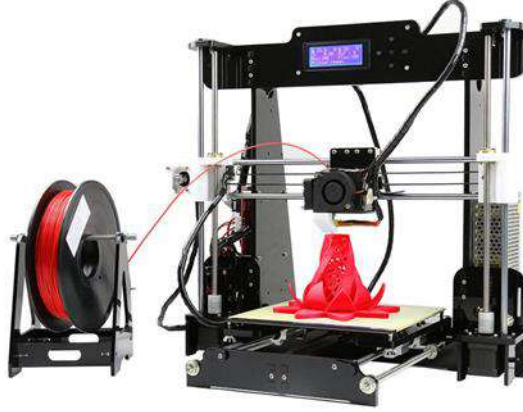
3D yazıcıların, bir ürünün prototip üretilme aşamasındayken geleneksel yöntemlerle üretime göre zaman, maliyet ve daha kolay bir süreç olması nedeniyle enerji sektöründe sıklıkla kullanılmaktadırlar (Şekil 1) [2].FDM teknolojisine sahip yazıcılar ergiyik biriktirme yöntemi ile makaraya sarılı bir filamentten nozzle'a doğru step motor yardımıyla itirilerek ürünü ortaya çıkarırlar. Prosese CAD formatında bulunan tasarımın STL formatına dönüştürülmesiyle başlanır. Ardından STL formatındaki dosya dilimleyici programa iletilerek dilimleyici programda yazıcıda kullanılmak istenilen ayarlar belirlenir ve dilimleyici program üzerinden step motorların anlayacağı bir dile "gkodu" dosyasına çevrilerek kullanılırlar.



Şekil 1. Enerji sektöründe eklemeli imalatın etkisi[3].

2. PROTOTİP İÇİN MALZEME VE YAZICI SEÇİMİ

Prototip aşamasında kompleks tasarıma sahip bir ürünün geleneksel yöntemlerle üretilmesi üretici tarafından zorlayıcı olabilir. Geleneksel yöntemlerden kalıba eriyik döküm yöntemi pirinç vanalarda sıklıkla kullanılan bir yöntemdir ve henüz prototip-tasarım aşamasında olan bir ürünün kalıbı hazırlanması maddi açıdan üreticiyi zorlayabilir ve herhangi bir hata durumunda tasarımda yapılan değişiklikler zaman ve maddi kayba yol açar. Bu şartlar oluştuğunda alternatif üretim yöntemlerinden eklemeli imalat devreye girer.



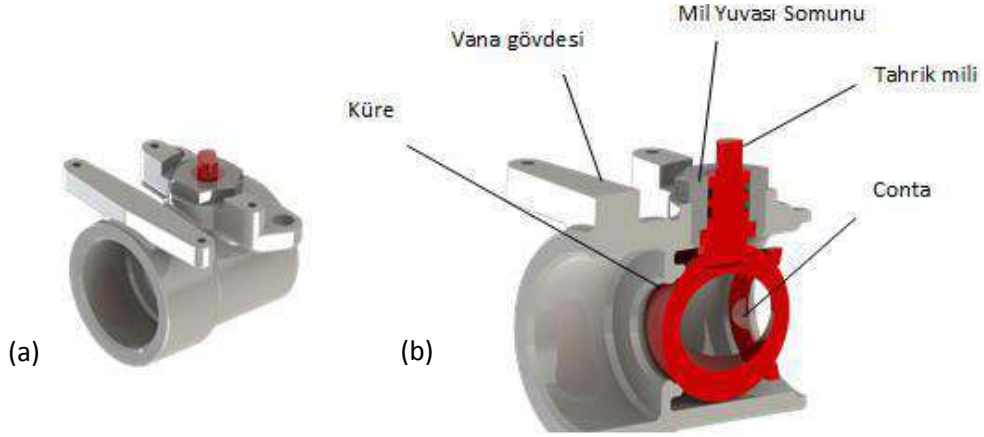
Şekil 2. Anet A8 FDM Yazıcı[4].

2.1 Malzeme Seçimi

Kullanılan yazıcı ofis/ev ortamında bulunacağı için bu çalışmada kullanılan malzeme, eridiğinde çevreye zararlı gaz yaymayan PLA (polylactic acid) olarak belirlenmiştir. Renk olarak tasarıma uygun olan gri renk seçilmiştir. Düzgün bir yüzey elde etmek için 22x22cm lamine cam üzerinde baskı alınmıştır. Bunun nedeni tablada herhangi bir ek malzeme(yapıştırıcı sıvılar, yapışkan bantlar) kullanılmadan yapışma işleminin kolayca gerçekleşmesi ve tablaya basan parça yüzeyinin kalitesinin iyi elde edilmesinin hedeflenmesidir.

2.2 Küresel Vana Bileşenlerinin Seçimi

Prototip aşamasında Manas Enerji Yönetimi San. Tic. AŞ ürünü olan küresel vana örnek alınmıştır. Vana gövdesi seri üretim için pirinç seçilmiştir ancak geleneksel yöntemlerle üretilmesi zaman ve maliyet oluşturacağı için prototip üretiminde plastik malzeme kullanılması öngörülmüştür. Küre ve mil takımının (şekil 3-b) FDM yazıcı ürünü olmaması yüzey kalitesi ve mukavemet açısından plastik malzemeye göre daha yüksek olacağı varsayıldığı için paslanmaz çelik kullanılmıştır ve FDM ile üretilmemesi öngörülmüştür. Kullanılan küre, mil ve conta takımı piyasada bulunan standart ürünler veya konvansiyonel yöntemlerle kolayca üretilebilecek ürünler seçilmiştir. Vana uzunluğu 48,4 cm, vana yüksekliği 46 cm ve vana genişliği 57 cm'dir.



Şekil 3. (a) Prototip üretilecek vananın tasarımı (b) Küresel vananın tam kesit görüntüsü ve bileşen tanımlamaları [5].

2.3 Yazıcı Parametreleri

Doğru bir baskı elde etmek için çoğu FDM makinesinde ayarlanabilen birçok parametre vardır. İnşa hızı, ekstrüzyon hızı ve nozül sıcaklığı, ekstrüde filamentin kıvamını kontrol eder ve operatör tarafından ayarlanır (bazı makineler yazdırılan malzemenin türüne göre otomatik ön ayarları kullanır). Temel düzeyde, nozül çapı ve katman yüksekliği, FDM yöntemiyle yazdırılmış parçanın çözünürlüğünü tanımlar. Aslında tüm parametreler bir parçanın boyutsal doğruluğunu tanımlarken, daha küçük bir nozül çapı ve daha düşük katman yüksekliği genellikle pürüzsüz bir yüzeye ve daha yüksek seviyede bir ayrıntıya ihtiyaç duyulan parçalar için çözümler olarak görülür. Bu bağlamda kullanılan yazıcının özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

XY Eksen Konumlandırma Doğruluğu	0.012 mm
Z Eksen Konumlandırma Doğruluğu	0.004 mm
Ekstrüder Sayısı	1
Ekstrüder Çapı	0.4 mm
Baskı Malzemesi	PLA
Baskı Rengi	Gri
Baskı Hassaslığı	0.1 mm
Baskı Alanı	22x22x24 cm (XYZ)
Filament Çapı	1.75 mm
Veri Formatı	(STL, Gcode)
Güç Kaynağı	DC 12 V/ 20 A

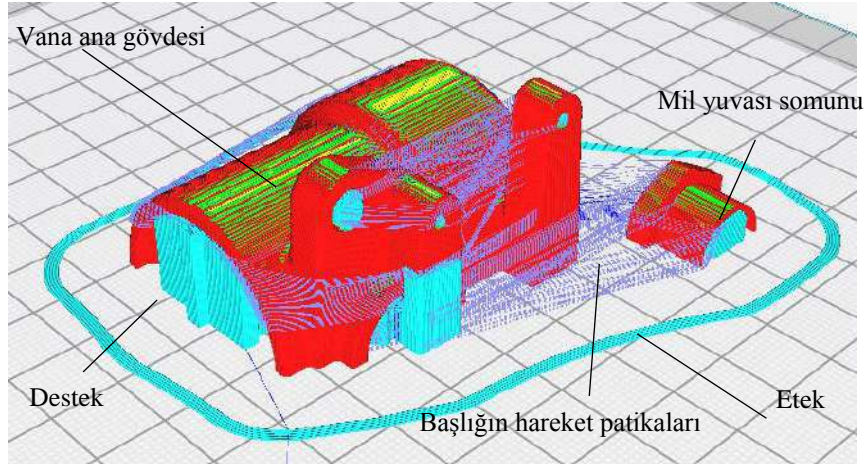
Tablo 1. Çalışmada kullanılan yazıcı özellikleri [6].

3. DİLİMLEME PROGRAMI GİRDİLERİ VE DENEYSEL BULGULAR

Dilimleyici program olarak Ultimaker Cura 3.6.0 kullanılmıştır. Tasarımın fuar amaçlı prototip olarak üretileceği varsayıldığı için tam kesit alınarak yazdırılma işlemi gerçekleştirilip baskı detaylarının daha iyi inceleneceği öngörülmüştür. Prototipte katman kalınlığı 200 mikron olarak seçilmiştir. İlk katman kalınlığı tabla ile daha iyi bir yapışma için %10 daha düşük ayarlanmıştır. Parça tablaya iki farklı oryantasyonda yerleştirilmiştir ancak iki farklı oryantasyonda da parametreler aynıdır(Şekil 5 ve Şekil 6) Program ve yazıcı veri girdileri Tablo 2'deki gibidir.

Katman Kalınlığı	0.2 mm
İlk Katman Yüksekliği	0.18 mm
Çizgi Kalınlığı	0.4 mm
Nozzle Sıcaklığı	195 C
Yatak Sıcaklığı	65 C
Yazdırma Hızı	40 mm/sn
Doluluk Oranı	%35
Akış Oranı	%105
Etek Modu	Açık
Kabuk Kalınlığı	1 mm
Destek Doluluk Oranı	%40

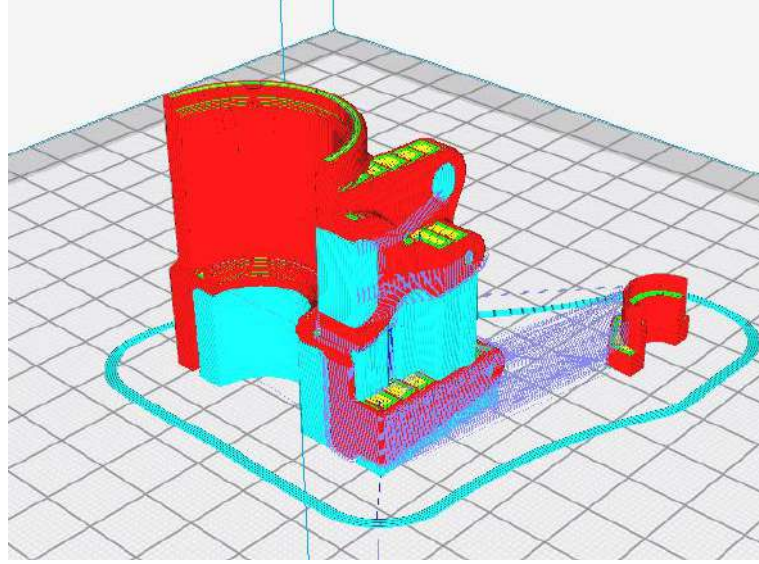
Tablo 2. Dilimleme programı ve yazıcıda kullanılan deney girdileri



Şekil 5. Küresel vana gövdesinin dilimleyici programda tabla düzlemine 0° açıyla konumlandırılması.

Dilimleyici programda ayarlanan doluluk oranı parça mukavemetine, destek doluluk oranı ise desteğin neden olduğu yapının mukavemetine ve destekten sonra yazdırılan ilk katmanın kalitesine direkt olarak etki etmektedir. Doluluk oranı ne kadar artarsa bu etkiler de doğru orantılı artmaktadır ancak destek doluluk oranı çok yüksek olursa desteği baskı bitiminden

sonra sökmek zorlaşabilir. Kabuk kalınlığı ise parçanın cidar kalınlığıdır. Şekil 5 de görülen örümcek ağına benzeyen yapılar ise ekstrüder başlığının hareket patikalarıdır. Şekil 6’da parça tablaya yatayda 90° açıyla olacak şekilde dik yerleştirilmiştir. Böylece tasarımın dairesel geometrisinin baskı üzerindeki etkisinin aynı ayarlar kullanılarak iyileştirilmesi amaçlanmıştır.



Şekil 6. Küresel vana gövdesinin dilimleyici programda tabla düzlemine 90° açıyla konumlandırılması.

Bazı FDM yazıcılarda parça baskısı öncesinde nozzle ve ısıtıcı tabla uygun görülen sıcaklığa ısıtılırken nozzle’ın ucunda bir miktar filament basınçtan dolayı akar ve nozzle içinde boşluk oluşur. Direkt parça yazdırma işlemine geçilirse yazdırılan ilk katmanda extrude edilen filament nozzle içindeki boşlukları dolduracağı için ortalama 5 saniye step motorlar yazdırma işlemi için harekete geçerken nozzle’dan plastik akmaz , bu boşlukların baskı kalitesini etkilememesi için “etek” adı verilen mod deneylerle bu probleme uygun çözüm olarak aktifleştirilmiştir. Böylece nozzle’daki boşluktan dolayı yazdırılmayan kısımlar etek denilen yapıya denk getirilip parça ilk katmanına geçmeden bu sorun ortadan kalkmıştır.

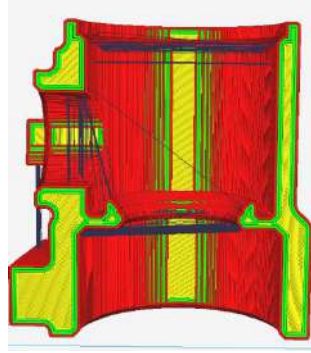
4.SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME

4.1 Parça Oryantasyonu

Diğer imalat süreçlerinde olduğu gibi, Hızlı protipleme (HP) prosesine başlamadan önce süreç planlama önemlidir. Parçayı oluşturmak için kullanılan FDM yönteminde, parçanın oryantasyonu (dikey – parça eksen – yüzey açısı 90° derece, yatay – parça eksen yüzeye paralel, yada parça eksenine göre eğik açılı bastırma) parçanın kalitesini ve işlemin hızını etkileyen önemli bir faktördür. Proseste farklı bir parça oryantasyonu bunların yanında mekanik özellikleri, destek yapı ihtiyacını, maliyetleri de doğrudan etkileyebilir. Optimum parça oryantasyonunun bu açılardan ayrıntılı bir şekilde incelenip tanımlanması gereklidir. Genel olarak, yalnızca bir yada birkaç parça yazdırılırsa yapı yüksekliği azaltılmalıdır. Fakat

FDM prosesinde katmanlı yapı parçaların fundamental olarak bir yönde zayıf olacağı da hesaba katılmalıdır. Yani parçanın oryantasyonu aslında son ürünün her bir yöndeki mukavemetine doğrudan etkisi vardır.

Şekil 7’de bulunan baskısı alınmış prototip, tabla düzlemine 0° açıyla konumlandırılarak basılmış olup prototipten istenilen kalitede sonuçlar alınamamıştır. Vananın dairesel yapısının bu açıdaki konumlandırmaya uygun olmadığı gözlemlenmiştir.(Şekil 7) Gözlemlenen çizgisel baskılı katmanlar paslanmaz kürenin gövdeye sadece çizgisel olarak temas etmesine olanak vermektedir. Buna ek olarak iç yüzeyde destekli yapının bitip destekten sonraki ilk katman yazdırılmasında oluşan hatalar da gözlemlenmiştir. (Şekil 8)



Şekil 7. Tabla düzlemine 0° derece açıyla konumlandırılmış baskının katman yapısı



(a)



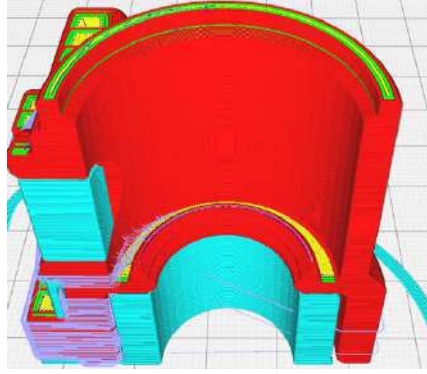
(b)

Şekil 8. (a)Tabla düzlemine 0° derece açıyla konumlandırılmış küresel vana dış yüzey görüntü detayı. (b) Tabla düzlemine 0° derece konumlandırılmış küresel vana iç yüzey detayı.

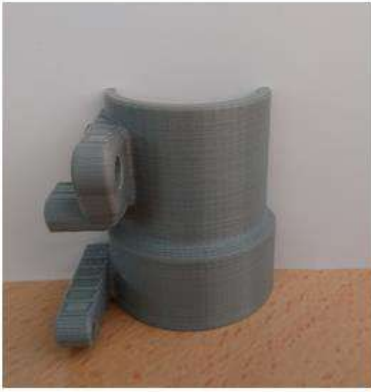
Tabla düzlemine 0° açıyla konumlandırılıp baskısı alınan parça 6,64 metre filament tüketmiş olup destekler üzerindeyken 20 gram kütleye sahiptir. Yazdırma işlemi girdi parametreleriyle 1 saat 44 dakika sürmüştür.

Şekil 8’de gösterilen prototip, tabla düzlemine 90° derece konumlandırılarak basılan prototip olup sonuçlar daha efektif olmuştur. Konumlandırmanın parçanın dairesel yüzeyine uygun olması nedeniyle paslanmaz kürenin iç yüzeye oturması çizgisel değil, yüzeyel olmaktadır bu

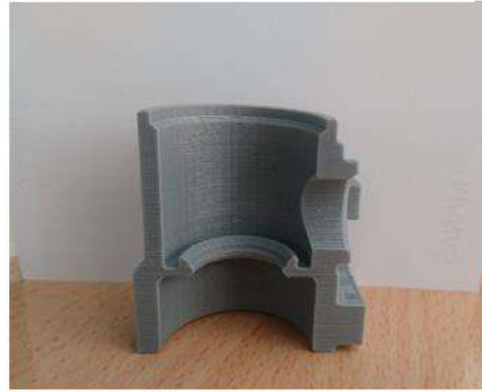
da sızdırmazlıkta büyük rol alıp prototipin saha testinde kullanılmasına olanak sağlamaktadır.(Şekil 9 ve Şekil 10)



Şekil 9. Tabla düzlemine 90° derece konumlandırılmış baskının katman yapısı



(a)



(b)

Şekil 10. (a) Tabla düzlemine 90° derece konumlandırılmış küresel vana dış yüzey görüntü detayı. (b) Tabla düzlemine 90° derece konumlandırılmış küresel vana iç yüzey detayı.

4.2 Maliyet ve Ölçüsel Doğruluk

FDM yazıcılarda temel maliyet giderleri; baskı süresi, kullanılan malzeme cinsi ve miktarıdır. Baskı süresi uzadıkça makinede bulunan parçaların ömrü ve sarf edilen elektrik enerjisi doğru orantılı olarak artmaktadır ve buna bağlı olarak periyodik bakım süreleri sıklaşmaktadır. Üretilen iki eklemeli imalat baskısını karşılaştırdığımızda düzleme dik yerleştirilen ürünün maliyet açısından daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Daha kısa sürede ve daha az malzeme kullanılarak üretilen üründe görsel ve mekanik özelliklerin daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. Ölçüsel doğrulukta iki üründe tolerans payları içinde kalmıştır. (± 200 mikron) (Tablo 3) Konvansiyonel yöntemlerle karşılaştırıldığında eklemeli imalatın prototip aşamasında oldukça ekonomik olduğu gözlemlenmiştir.

	Tabla Düzlemine 90 Derece Açıyla Konumlandırılan Parça	Tabla Düzlemine 0 Derece Açıyla Konumlandırılan Parça
Vana Uzunluğu(Tasarımda 48,4 mm)	48,25	48,30
Tüketilen Filament	6,20 Metre	6,64 Metre
Tabladaki Ürün Kütlesi	18 Gram	20 Gram
Baskı Süresi	1 Saat 33 Dk	1 Saat 44 Dk

Tablo 3. FDM yazıcı ile üretilen iki ürünün çıktıları

4.3 Değerlendirme ve Yorum

Konvansiyonel yöntemlerle üretimi zor olan karmaşık ve asimetrik geometriye sahip su sayaçlarında kullanılan küresel vanaların prototip üretiminin eklemeli imalat yöntemi kullanılarak üretilmesi maliyet ve zaman faktörleri açısından istenilen başarıya ulaşmıştır. Yapılan çalışmalar ışığında FDM yazıcı teknolojisi kullanılarak basılan küresel vana prototiplerinin konvansiyonel üretim yöntemlerine göre üretilebilirlik, maliyet ve zaman bakımından daha iyi sonuçlar verebileceği gözlemlenmiştir. Dilimleme programında parçanın konumlandırılmasının önemi iki örnekle açıklanmıştır. FDM yazıcılar ile basılan küresel vanalarda karşılaşılabilecek sorunların çözümlerinin ne olabileceği araştırılmış ve çözümler sunulmuştur.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada küresel vana tasarımının sahibi Manas Enerji Yönetimi San. Tic. AŞ'ye ve yardımlarından dolayı Gazi Üniversitesi Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Bölüm Başkanlığı'na teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

1. **C Ünlü**, (1993) Tesisatların Önemli Elemanı Vanalar”,[Important Elements Of Installations Valves] [Article in Turkish] <https://www.termodinamik.info/dosya/tesisatlarin-onemli-eleman-vanalar>, 5 Ağustos
2. **Ronan Ye**, (2018) The Advantages Of Rapid Manufacturing Over Traditional Manufacturing Methods, <https://www.3erp.com/rapid-manufacturing-versus-traditional-manufacturing-methods/>, 5 Haziran 2018
3. SIEMENS “Schnell,effizient,flexibel:Additive Manufacturing(3D-Druck)im Energiesektor”, <https://new.siemens.com/global/de/produkte/energie/services/instandhaltung/ersatzteile/additive-fertigung.html> Son Erişim Tarihi 20 Aralık 2019
4. İnternet: “Anet a8 Masaüstü Yazıcı”,[Anet a8 Desktop Printers], https://tr.gearbest.com/3d-printers-3d-printer-kits/pp_337314.html Son Erişim Tarihi 20 Aralık 2019
5. **Serdar Gürel**, Kişisel Erişim,[Personal Communication], 12 Aralık 2017
6. İnternet “Anet A8 DIY 3D Printer Kit 1.75 mm/0.4 mm Support ABS/PLA/HIPS”, https://www.banggood.com/tr/Anet-A8-3D-Printer-DIY-Kit-1_75mm-0_4mm-Support-ABS-PLA-HIPS-p-1130694.html?cur_warehouse=CN Son Erişim Tarihi 20 Aralık 2019

GTA YÖNTEMİ KULLANILARAK Ni VE NiCr KAPLANMIŞ AISI 1040 ÇELİĞİNİN KAPLAMA BÖLGESİNDEKİ MİKROYAPI VE MİKROSERTLİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Arş.Gör.Kenan CAN

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi

Dr.Öğr.Üyesi İbrahim Savaş DALMIŞ

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi

ÖZET

Bu deneysel çalışmada çeşitli oranlarda Ni, NiCr tozları karıştırılmış ve üzerine kanal açılmış orta karbonlu AISI 1040 çeliğine GTA yöntemi ile yüzey kaplaması yapılmıştır. Yapılan kaynak işleminde farklı amperaj ve kaynak ilerleme hızları kullanılmış ve oluşan ısı girdileri neticesinde numuneler arasındaki mikroyapı ve sertlik değerleri incelenmiştir. Deneysel çalışmalarda altlık malzemesi olarak kullanılan AISI 1040 çeliği 30x10 mm boyutlarında sıcak çekme lama olarak tedarik edilmiştir. Üzerine 6 mm genişliğinde ve 0,3 mm derinliğinde kanal açılmış AISI 1040 çeliği lamalar daha sonra 25 mm boyunda kesilerek test numuneleri haline getirilmiştir. Hazırlanan test numuneleri üzerindeki kanala Ni, NiCr tozları sodyum silikat ile yapıştırılmıştır. Deneylerde kullanılan tozların miktarları, sırasıyla 0.168 gram Ni ve 0.309 gram NiCr (%80 Ni, %20 Cr) tozudur. Üzerine tozların yapıştırıldığı test numuneleri, 100 ° C sıcaklığındaki ısı işlem fırınında 1 saat kurutularak GTA yöntemi ile yüzey kaplama işlemine tabi tutulmuşlardır. Denemelerde kullanılan kaynak düzeneği tek eksenli çift yönlü olarak 300 mm ilerleme hareketi yapabilmekte ve PLC kontrollü olarak belirlenen hızda kaynak işlemi gerçekleştirebilmektedir. Deneysel çalışmalarda yüzey kaplama işlemi sırası ile 15.6, 20.28 ve 27.3 kJ/cm ısı girdisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. GTA yöntemi ile kaplanan numuneler daha sonra optik ve mikrosertlik analizi için parlatma ve dağlama işlemlerine tabi tutulmuştur. Yapılan mikrosertlik deneyleri sonucu ısı girdisine bağlı olarak sertlik değerinin değiştiği görülmüştür. Ni, NiCr kaplı kaynak dikişinde en yüksek sertlik 20,28 kJ/cm ısı girdisi verilen 2 numaralı numunede görülmüştür. ITAB bölgesi için 1 ve 3 numaralı numuneler benzer sonuçlar vermesine karşın 2 numaralı numunede sertlik düşüşü daha fazla olmuştur. Bu sertlik düşüşünün diğer iki numuneye göre daha fazla tane büyümesine bağlı olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: AISI 1040 Çeliği, GTA Yöntemi, Ni ve NiCr Tozları, Yüzey Modifikasyonu

ABSTRACT

In this experimental study, Ni and NiCr powders were mixed in various proportions and surface coating by means of TIG welding was applied to medium carbon AISI 1040 steel which was grooved. Different amperage and welding speed were used in the welding process. Microstructure and hardness values between samples were examined as a result of the heat

inputs. AISI 1040 steel which is used as base material in the experimental studies is supplied as hot rolled plate with dimensions of 30x10 mm. AISI 1040 steel grooved 6 mm wide and 0.3 mm deep were cut into 25 mm length and then turned into test samples. Ni, NiCr powders were adhered to the channel on the prepared test samples with sodium silicate. The amounts of powders used in the experiments were 0.168 grams of Ni and 0.309 grams of NiCr (80% Ni, 20% Cr) powder, respectively. The test specimens on which powders were adhered were dried in a heat treatment oven at 100°C for 1 hour and subjected to surface coating by GTA method. The welding device used in the experiments is able to make 300 mm feed movement in a single axis in two directions and it can perform welding process with PLC controlled. In the experimental studies, the surface coating process was performed by using 15.6, 20.28 and 27.3 kJ / cm heat input respectively. Samples coated with GTA method were polished and etched for optical and microhardness analysis. As a result of the microhardness tests, it was seen that the hardness value changed depending on the heat input. In Ni, NiCr coated weld seam, the highest hardness was observed in sample 2 with a heat input of 20.28 kJ / cm. Although samples 1 and 3 gave similar results for the HAZ, hardness reduction was greater in sample 2. This decrease in hardness is thought to be due to greater grain growth than the other two samples.

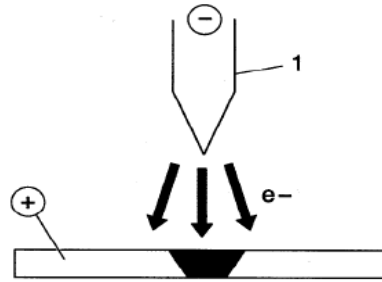
Keywords: AISI 1040 Steel, GTA Method, Ni and NiCr Powders, Surface Modification

GİRİŞ

Yüzey modifikasyonu, yüzeyin ve altlık malzemenin özelliklerini birleştiren, tasarımda ikisinin de sunduğu özellikleri tek bir malzemede birleştirmemizi sağlayabilen işlemler olarak tanımlanabilir [1]. Kaplama ana malzeme ile çevre arasında oluşabilen olumsuz işlem koşullarına (aşınma, korozyon gibi) karşı bir bariyer gibi davranmaktadır [2]. Makine malzemelerinde genellikle yüzeyin sert ve aşınmaya dayanıklı, iç kısımların ise yeterince tok ve sünek olması istenmektedir [3]. Bunun için malzeme yüzeyinin mekanik özelliklerini değiştirmede en basit ve ekonomik yol olarak yüzey sertleştirme işlemi görülmektedir [4].

Yaygın kullanılan yüzey mühendisliği teknolojileri arasında gaz tungsten ark kaplama (GTA), lazer kaplama, plazma transfer ark kaplama (PTA), alev sprej ve plazma sprej yöntemleri bulunmaktadır [5]. Yüzey kaplama yöntemleri ile yüksek derecede aşınmaya maruz kalan parçaların yüzeylerinde aşınmaya karşı direnç oldukça artmaktadır [6]. Uygulanacak olan yöntem çeşitli özellikler göz önüne alınarak seçilir. Bu özellikler alt malzeme, alt malzeme ile yüzey arasında oluşacak ara yüzey, uygulanacak işlemin maliyeti, düşük oranda kaplama özelliği (nüfuziyet), vakumlama işlemine gerek olup olmaması gibi durumlardır [7]. Tungsten Inert Gas (TIG) ya da GTA yöntemi ekonomik ve kaynak parametrelerinin kolay bir şekilde ayarlanabilmesinden dolayı düşük ısı girdili sert yüzey kaplamaları yapılabilen bir işlemdir [8].

GTA kaynak yöntemi kullanılarak yapılan yüzey modifikasyonunda, altlık malzeme üzerine yapıştırılan tozların ergimeyen tungsten elektrot ile kaynak bölgesine aktarılan enerji sayesinde ana malzemeye nüfuziyeti sağlanmaktadır [9]. TIG kaynak işleminde proses, ergimeyen bir elektrot (yaklaşık 3370°C'lik erime sıcaklığına sahip saf veya alaşımli tungsten) ve iş parçası arasında meydana gelen elektrik arkına dayanmaktadır. İşlem sırasında bir inert gaz (genellikle argon) kaynak havuzunu koruma görevi yapmaktadır. Kaynak esnasında elektrottan iş parçasına doğru devamlı bir elektron akışı olmaktadır. Elektrodun negatif kutba bağlanması ısı konsantrasyonunun büyük bir çoğunluğunun iş parçası üzerinde (anot) oluşmasını sağladığı için bu durum elektrot için uygun olan bir bağlantı şeklidir. Alüminyum ve magnezyum hariç çoğu malzeme bu kutup şeklinde kaynak edilir [10].



Şekil 1. TIG kaynağı bağlantı şekli [10]

Bu çalışmada AISI 1040 çeliği malzemenin kanal açılmış yüzeyine Ni ve NiCr tozları GTA yöntemiyle kaplanmıştır. Nikel, malzemelerde tokluğu arttıran özelliği sayesinde alaşım elementi olarak bulunabilmektedir. Çalışma Ni ve NiCr tozlarının yüzey kaplama işlemlerinde kullanılan ve yüksek sertlik sağlayabilen sert karbür tozlarına ilave edildiklerinde mikroyapıda ve sertlikte ne gibi değişiklikler meydana getirebileceğini görmeyi amaçlamaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Test Parçası

Altlık malzeme olarak 115x30x10 mm boyutlarında üzerine 6 mm genişliğinde ve 0,3 mm derinliğinde kanal açılmış sıcak çekme AISI 1040 çeliği kullanıldı. Test numuneleri üzerindeki kanala Ni ve NiCr tozları sodyum silikat ile yapıştırılıp GTA yöntemi ile yüzey modifikasyonu yapıldı.

Deneyde Kullanılan Tozlar

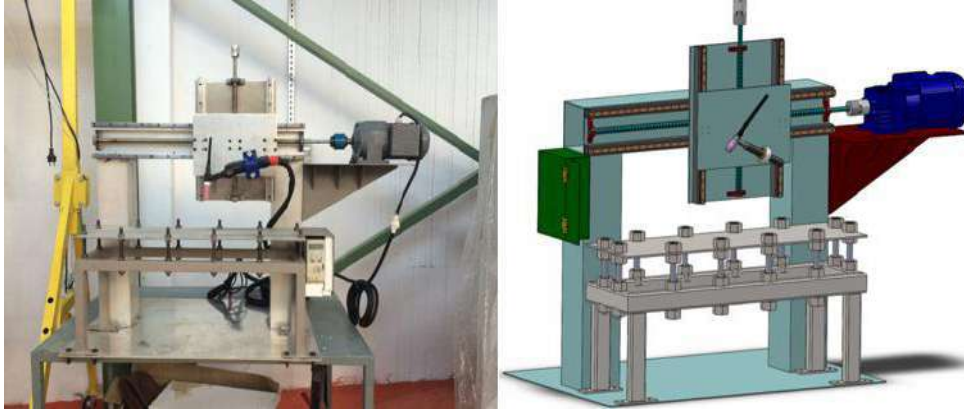
Deneyde 0.168 gram Ni tozu, 0.309 gram NiCr (%80 Ni, %20 Cr) tozları kullanılmıştır. Numuneler içindeki nemi gidermek için 100°C sıcaklıkta 1 saat süreyle fırında bekletilmiştir.

GTA Kaynak Makinesi

Ni, NiCr tozları ile oluşturulan katkı karışımlarının alaşımlama ile kaplanması işleminde su soğutmalı GTA (TIG) kaynak makinesi (Lincoln Invertec® V205-T AC/DC) kullanılmıştır.

Kaynak Düzeneği

Çalışmada kaynak düzeneği olarak Şekil 2’de gösterilen düzenek kullanılmıştır. Bu düzenek tek eksenli çift yönlü olarak 300 mm ilerleme hareketi yapabilmekte ve üzerindeki inverter ile sistem motorunun hız kontrolü yapılmaktadır.



Şekil 2. Kaynak düzeneği

Optik Mikroskop

Modifikasyon işlemi yapılan numuneler metalografik inceleme için uygun boyutlarda kesildi ve daha sonra standart numune hazırlama işlemlerinden geçirildi. Parlatma işlemi 3 mikronluk elmas pasta kullanılarak yapılmıştır. Etil alkol içerisinde %2 nitrik asit katılarak elde edilen çözelti dağlayıcı olarak kullanılmıştır. Optik incelemeler Optika B-500MET markalı optik mikroskop ile yapılmıştır.

Mikrosertlik Ölçüm Cihazı

Bulut Makina marka mikrosertlik cihazı ile numunelerin yüzeyindeki mikrosertlik değişimi incelenmiştir.

ARAŞTIRMA ve BULGULAR

Deney Numuneleri

GTA ile yüzey modifikasyon parametreleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 1. Numune Üretim Parametreleri

Numune	Akım(A)	Hız (mm/dk)	Koruyucu gaz debisi(l/dk)	Isı Girdisi (kJ/cm)
1	120	60	11	15,6
2	130	50	11	20,28
3	140	40	11	27,3



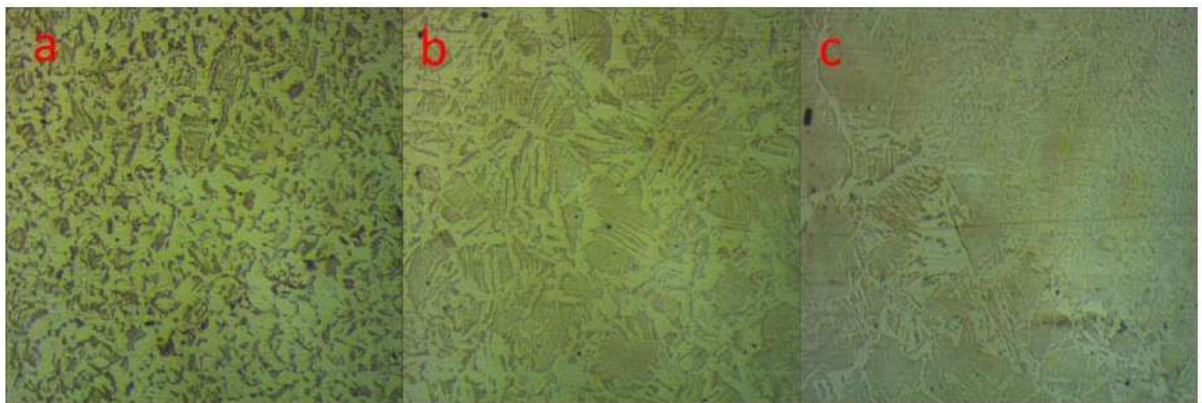
Şekil 3. Yüzey modifikasyonu yapılan test numuneleri

GTA yöntemi ile kaplanan numuneler daha sonra optik ve mikrosertlik analizi için kesilerek parlatma ve dağlama işlemine tabi tutulmuştur.

Optik Analizler

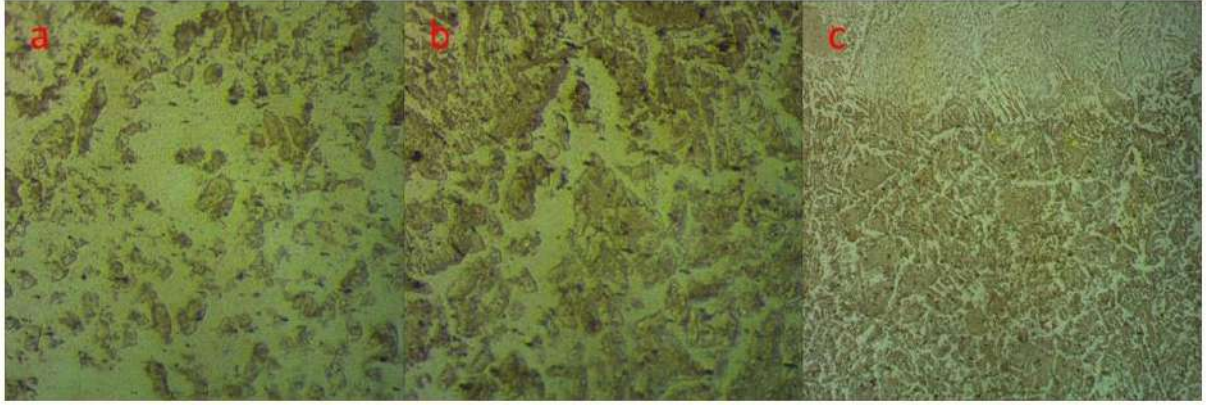


Şekil 4. Numune 1 a) Ana malzeme b) ITAB-Ana malzeme geçiş bölgesi
c) ITAB- kaynak dikiş bölgesi



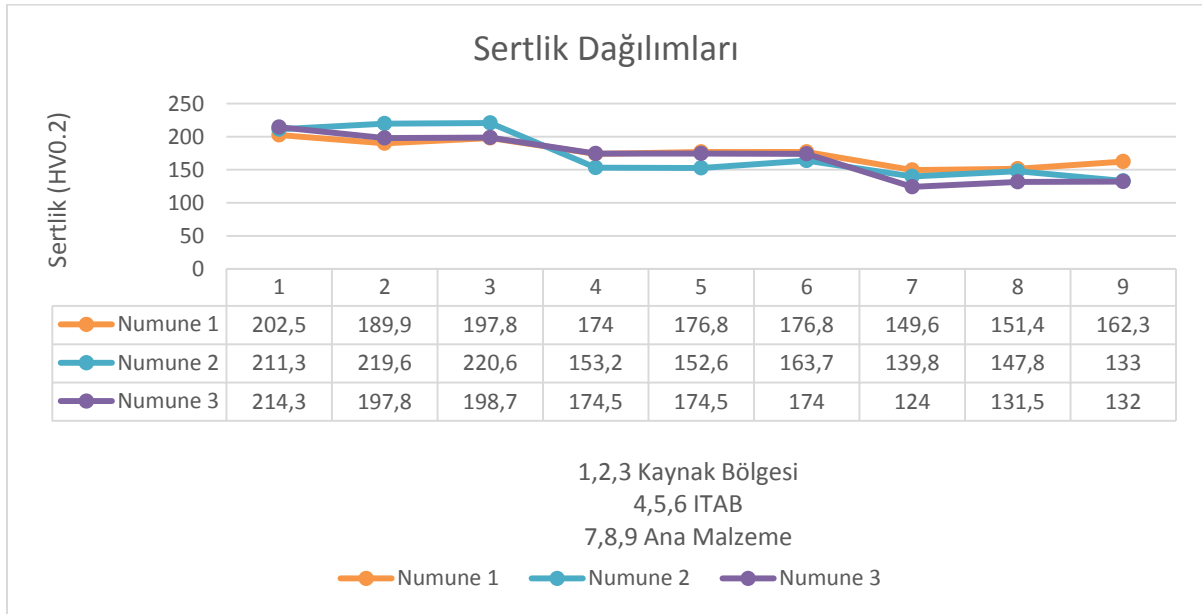
Şekil 5. Numune 2 a) Ana malzeme b) ITAB

c) ITAB-Kaynak dikiş bölgesi



Şekil 6. Numune 3 a) Ana malzeme b) ITAB c) ITAB - Kaynak dikiş bölgesi

Mikrosertlik Sonuçları



Şekil 7. Mikrosertlik sonuçları

Yapılan mikrosertlik deneyleri sonucu enerji girişine bağlı olarak sertlik değerinin değiştiği görülmüştür. Ni, NiCr kaplı kaynak dikişinde en yüksek sertlik 20,28 kJ/cm ısı girdisi verilen 2 numaralı numunede görülmüştür. ITAB bölgesi için 1 ve 3 numaralı numuneler benzer sonuçlar vermesine karşın 2 numaralı numunede sertlik düşüşü daha fazla olmuştur. Bu sertlik düşüşünün diğer iki numuneye göre daha fazla tane büyümesine bağlı olduğu düşünülmektedir.

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

GTA yöntemiyle orta karbonlu AISI 1040 çeliği üzerine Ni, NiCr tozları ile yüzey modifikasyon işlemi yapılmıştır. Optik incelemeler sonucu herhangi bir mikro ve makro

çatlağa rastlanmamıştır. Oluşan kaplama tabakasının sertliği tozların alaşımdaki konsantrasyon miktarına, katılan fazların homojen dağılımına, tane boyutuna ve amperaj ile ilerleme hızına dolayısıyla ısı girdisine bağlıdır. Yapılan deneyler sonucunda mikroyapıdaki en yüksek kaplama sertliğinin 20,28 kJ/cm değerindeki 130 Amper, 50mm/dk kaynak hızında meydana geldiği görülmüştür. Bu değer üzerindeki ısı girdisi olan 27,3 kJ/cm değerinde kaplamanın sertliğinin düştüğü görülmüştür. ITAB bölgesinde ise 1 ve 3 numaralı numunelerin benzer sonuçlar verdiği fakat 2 numaralı numunede bu iki numuneye göre daha fazla düşüş gözlemlenmiştir.

Sonraki çalışmalarda belirli oranlarda Ni ve NiCr tozlarının sert karbür tozlarına ilave edilmesi ile birlikte oluşturulan yüzey kaplama tabakalarında mikroyapı ve sertlik değişimleri incelenebilir ve bu tozların etkileri mekanik olarak daha detaylı olarak belirlenebilir.

TEŞEKKÜR

Bu proje Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından NKUBAP.06.YL.18.175 proje numarası ile desteklenmiştir. Bilimsel Araştırma Koordinasyon Birimi'ne desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] **Orhan G (2016)** Malzemelerin Yüzey İşlemi, Yüzey Mühendisliği Ders Notları.
- [2] **Rao KS, Girisha KG, Shree RP, Kumar M (2017)** Effect of Surface Coatings on Thermal performance of steel Substrates. Materials Today: Proceedings, 4(9), 10249-10253.
- [3] **Buytoz S, Yılmaz O (2003)** GTA Yöntemi Kullanılarak FeCrC ve WC Kaplanmış Sade Karbonlu SAE 1020 Malzemesinden Aşınma Davranışının Araştırılması. Mühendis ve Makine.
- [4] **Liu YF, Xia ZY, Han JM, Zhang GL, Yang SZ (2006)** Microstructure and wear behavior of (Cr, Fe)₇C₃ reinforced composite coating produced by plasma transferred arc weld-surfacing process. Surface and Coatings Technology, 201(3), 863-867.
- [5] **Islak S, Yıldırım MM (2009)** GTA Yöntemi Kullanılarak Üretilen SiC (p) Esaslı Kaplamaların Aşınma Davranışlarının İncelenmesi. e-Journal of New World Sciences Academy Engineering Sciences, 1A0023, 4, (2), 227-237.
- [6] **Gürgeç T, Özel C (2016)** PTA Yöntemi ile Gerçekleştirilen FE-CR-WBC Kompozit Kaplamanın Mikroyapı ve Mekanik Özellikleri. Technological Applied Sciences, 11(4), 171-184.
- [7] **Özel S, Sarsılmaz F (2008)** WC-Co Tozunun Düşük Karbonlu Çelik Yüzeyine Gaz Tungsten Ark (GTA) Yöntemi ile Alaşımlandırılması. Selçuk-Teknik Dergisi, ISSN 1302-6178, Cilt 7, Sayı:3-2008

[8] **Yılmaz R (2009)** Fe-Mn-C Yüzey Sertleştirme Alaşımının Mikroyapı ve Aşınma Özellikleri. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), 13–15 Mayıs 2009, Karabük, Türkiye.

[9] **Islak S, Yıldırım MM (2009)** GTA Yöntemi Kullanılarak Üretilen SiC (p) Esaslı Kaplamaların Aşınma Davranışlarının İncelenmesi. e-Journal of New World Sciences Academy Engineering Sciences, 1A0023, 4, (2), 227-237.

[10] <http://www.lincolnelectric.com/assets/servicenavigator-public/lincoln3/im937.pdf>. Son Erişim Tarihi:24.12.2017.

AlSi10Mg ALAŞIMININ YAPAY YAŞLANDIRMA UYGULAMASININ DÖNEL EĞİLMELİ YORULMA DAVRANIŞINA ETKİSİ

Arş.Gör.Kenan CAN

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi

Dr.Öğr.Üyesi İbrahim Savaş DALMIŞ

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi

Prof.Dr. Serdar Osman YILMAZ

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi

ÖZET

Bu çalışmada AlSi10Mg alaşımının yapay yaşlandırma uygulamasının dönel eğilmeli yorulma davranışına etkisi incelenmiştir. T6 ısıl işleminde AlSi10Mg alaşımı 525°C sıcaklıkta 6 saat çözündürme işlemi sonrasında 60°C sıcaklığındaki suya çekilmiştir. Suya çekme işleminden sonra numuneler 160°C sıcaklıkta 5 saat yaşlandırılmıştır. Numuneler sırası ile 4kg, 2.25 kg, 1.6 kg, 1.1 kg, 0.75 kg, 0.7 kg, 0.65 kg ve 0.585 kg ağırlıklar altında dönel eğilmeli yorulma testine tabi tutulmuşlardır. Dönel eğilmeli yorulma test sonuçları ışığında oluşturulan Wöhler diyagramı, belirtilen ısıl işlemleri tamamlanmış AlSi10Mg alaşımının 13,9 MPa eğilme gerilmesi altında bu gerilmeyi 10^6 tekrarda hasara uğramadan taşıyabileceği deneysel yöntemler kullanılarak kanıtlanmıştır. Alüminyumun sonsuz ömrüne ulaşmak için gerekli olan 5×10^8 tekrarın, testlerin yapıldığı dönel eğilmeli yorulma cihazında durmaksızın yapılması ortalama 120 günü bulabileceğinden deney 10^6 tekrarda sonlandırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: AlSi10Mg, Yapay Yaşlandırma, T6 Isıl İşlemi, Dönel Eğilmeli Yorulma Testi, Wöhler Diyagramı

ABSTRACT

In this study, the effect of artificial aging application of AlSi10Mg alloy on rotary bending fatigue behavior was investigated. In the T6 heat treatment, the AlSi10Mg alloy was quenched at 60°C after 6 hours of solution heat treatment at 525°C. After quenched, the samples were aged at 160°C for 5 hours. Samples were subjected to rotary bending fatigue testing under weights of 4kg, 2.25 kg, 1.6kg, 1.1 kg, 0.75 kg, 0.7 kg, 0.65 kg and 0.585 kg respectively. Wöhler diagram generated according to results of rotary bending fatigue test results proved that the AlSi10Mg alloy with the specified heat treatment can endure stress that under the bending stress of 13.9 MPa in the number of cycles 10^6 without damage. The experiment was terminated in 10^6 cycle since the 5×10^8 cycle required to achieve the infinite life of aluminum could take approximately 120 days without stopping in the rotary bending fatigue device where the tests were performed.

Keywords: AlSi10Mg, Artificial Aging, T6 Heat Treatment, Rotary Bending Fatigue Testing, Wöhler Diagram

GİRİŞ

Yorulma, dalgalı ve çevrimsel yükler altında çalışan uzay ve otomotiv malzemeleri için en önemli teknik konulardan birisidir. Dönel eğilmeli yorulma testi numuneyi eş zamanlı olarak döndürme ve eğmeye zorlayan bir testtir ve bu şekilde malzeme üzerinde meydana gelen karmaşık gerilme durumlarını simule edebilmektedir [1].

AlSi10Mg (%10 Si, %0.4 Mg) alaşımı tipik bir hipoötektik Al-Si-Mg alaşımıdır. Hafifliği, düşük termal genişleme katsayısı, yüksek termal iletkenliği, üstün mekanik özellikleri ve düşük maliyeti sebebiyle havacılık endüstrisinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır[2].

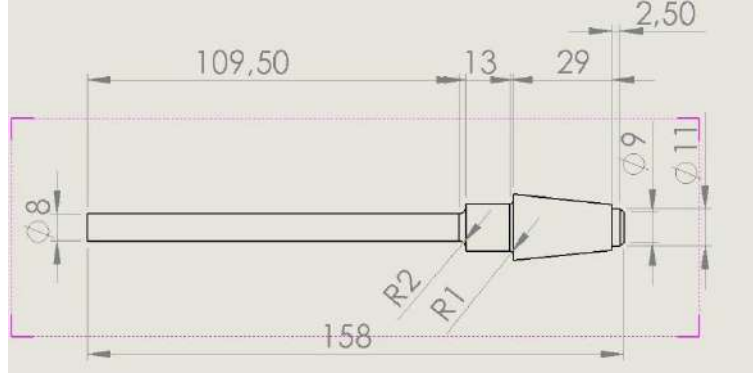
AlSi10Mg alaşımının yorulma özellikleri döküm kusurları, demir içeren fazlar, ısıl işlem gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Wang ve arkadaşları, Sr modifiye edilmiş A356-T6 döküm alaşımının oda sıcaklığındaki yorulma performansı üzerinde döküm kusurlarının etkisini incelemişler ve deney sonuçlarında bu kusurların malzemenin yorulma dayanımı üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşmışlardır[3-6].

Sertleştirilmiş dişli çelik numuneler üzerinde aksenal, eğilmeli ve burulmalı yorulmanın incelendiği birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalar arasında Genel ve Demirkol, sementasyon işlemi uygulanmış AISI 8620 çeliğinden imal edilen dişlinin dönel eğilmeli yorulma davranışı üzerinde sertleştirme derinliğinin etkisini incelemişlerdir[7]. Deng ve arkadaşları, Cr-Ni-W dişli çeliğinin tam değişken aksenal yük altındaki çok yüksek çevrimsel yorulma davranışını incelemişlerdir. Yazarlar çok yüksek çevrimsel yorulma tahmin modelinin deney sonuçları ile iyi bir uyum içinde olduğunu belirtmişlerdir[8].

Bu çalışmanın amacı T6 ısıl işleminde yapay yaşlandırma yapılmış AlSi10Mg alaşımının dönel eğilmeli yorulma davranışlarını inceleyerek alüminyum alaşımlarında zaman mukavemeti olarak belirlenen 10^8 yük tekrar sayısında karşılık gelen genlik değerini bulmaktır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Numuneler torna tezgahında talaş kaldırma işlemine tabi tutularak dönen eğme yorulması test cihazına bağlantı yapmaya uygun hale getirilmiştir.



Şekil 1. Test Numunesi Ölçüleri

Dönel Eğilmeli Yorulma Test Cihazı

Numuneyi bir ucundan sabitleyip diğer ucundan kuvvet uygulanması suretiyle döndürülmesi ile birlikte numune üzerinde tam değişken eğilme gerilmesi meydana gelmektedir. Numunenin bu şekilde yüklenmesi sonucunda belirli bir yük tekrar sayısında kırılması beklenir. Döndürme eğme tipi yorulma deney düzeneği, elektrik motoru, numune tutucu, yükleme aparatı, rulman, devir sayacı, yük hücresi gibi elemanlardan oluşmaktadır.

Yöntem

Eğilme kuvvetine (F) maruz ve 3000 dev/dk ile dönen bir milin sürekli dönme hareketi yapması ile birlikte üzerindeki herhangi bir nokta her devirde hem çeki hem de bası gerilmesine maruz kalacaktır ve tam değişken yükleme koşulu altına girecektir. Malzemelerin bu şekilde değişken gerilmelere maruz kalması ve statik gerilmenin altındaki bir değerde hasara uğraması yorulma olarak adlandırılmaktadır.

Eğilme momenti, basitçe şu şekilde hesaplanır:

$$M_e = F \times a$$

Burada, F eğilme kuvveti [N], a ise numunenin tutucu dışında kalan kısmından ucuna kadar ölçülen mesafe [mm]'dir.

Deney düzeneğinde a=109,5 mm ve numune çapı (d) = 8 mm olarak sabittir. Buna göre, numunenin eğilme mukavemet momenti şu şekilde ifade edilir;

$$W_e = \frac{\pi d^3}{32}$$

Buradan yola çıkarak gerilme genliği;

$$\sigma_g = \frac{Me}{We} = \frac{32a}{\pi d^3} F$$

$$\sigma_g = \frac{32 \cdot (109,5mm)}{\pi (8mm)^3} F$$

$$\sigma_g = \frac{3504mm}{1608,5mm^3} F = 2,178 \cdot F \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

olarak bulunur.

Numuneler sırası ile 4 kg, 2.25 kg, 1.6 kg, 1.1 kg, 0.75 kg, 0.7 kg, 0.65 kg ve 0.585 kg ağırlıklar altında dönel eğilmeli yorulma testine tabi tutulmuşlardır. Bu ağırlıklar altında yük hücrelerinden bilgisayar ortamına alınan veriler saniye saniye kaydedilmiştir. Elektrik motorunun 3000 dev/dk olduğu yani saniyede 50 tur yaptığı bilinmekte ve buradan yorulma ömrü hesaplanabilmektedir.

Wöhler diyagramında düşey eksen gerilme genliğini, yatay eksen yük tekrar sayısını göstermektedir. Yatay eksen, farklı değişken gerilmeler altında erken kırılan numuneler ve geç kırılan numunelerin yük çevrim sayılarının bir arada sunulmasını mümkün kılmak için logaritmik ölçekli olarak hazırlanmıştır.

Tablo 1. Deney parametreleri

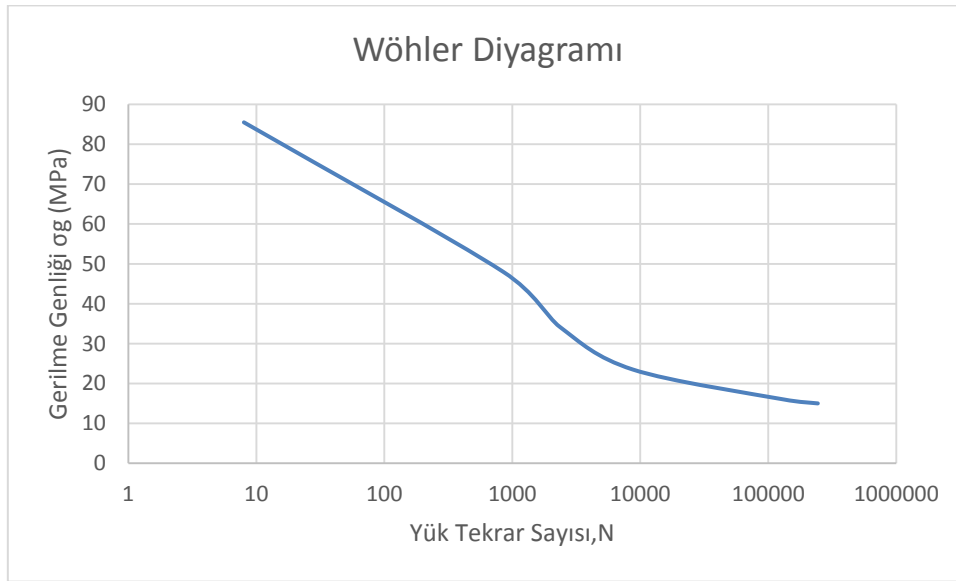
Numune No	Ağırlık [Kg]	F Kuvveti [N]	σ_g [Mpa]
1	4	39,24	85,5
2	2,25	22,07	48
3	1,6	15,7	34,2
4	1,1	10,8	23,5
5	0,75	7,36	16
6	0,7	6,87	15
7	0,65	6,4	13,9
8	0,585	5,74	12,5

BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapılan testler sonucunda elde edilen verilerden Wöhler diyagramı çizilmiştir. 8 numaralı numuneden sonra yapılacak deneylerde yük daha da azaltılırsa, numunenin artık kırılmadığı gözlenir ve numune sonsuz ömre ulaştığı kabul edilir. Bu durumda gerilme genliği değeri sabit, yatay eksen sonsuza doğru gittiği için, eğri yatay hal alır. Buna karşılık gelen yük tekrar sayısına yorulma dayanımı adı verilir. Çelik ve dökme demirde yorulma dayanımının belirlenmesi için 10^7 tekrar; alüminyumda 5×10^8 tekrarda malzeme sonsuz ömrüne ulaştığı kabul edilmektedir.

Tablo 2. Deney Sonuçları

Deney No	F [N]	σ_g [MPa]	N [Yük Tekrarı]	Süre
1	39,24	85,5	8	0.1 sn
2	22,07	48	850	17 sn
3	15,7	34,2	2350	47 sn
4	10,8	23,5	8750	2 dk 55 sn
5	7,36	16	131600	43 dk 52 sn
6	6,87	15	244000	1 sa 21 dk 20 sn
7	6,4	13,9	-	Hasar Yok
8	5,74	12,5	-	Hasar Yok



Şekil 2. Wöhler Diyagramı

SONUÇLAR

Bu çalışmada, AlSi10Mg alaşımının T6 ısıl işlemi yapılmıştır. Numuneler 525°C sıcaklıkta 6 saat çözündürme, 60°C sıcaklığındaki suya çekme ve 160°C sıcaklıkta 5 saat yaşlandırma işlemine tabi tutulup sonrasında dönel eğilmeli yorulma testine tabi tutulmuştur. Yapılan testler ışığında 13,9 MPa eğilme gerilmesine maruz bırakılan 7 numaralı numunenin 10^6 tekrar yaptığı ve hasar oluşmadığı gözlemlenmiştir. Alüminyumun sonsuz ömrüne ulaşmak için gerekli olan 5×10^8 tekrarın, testlerin yapıldığı dönel eğilmeli yorulma cihazında durmaksızın yapılması ortalama 120 günü bulabileceğinden bu tekrara ulaşmak amaçlanmamıştır.

Sonuç olarak belirtilen ısıtma işlemleri tamamlanmış AlSi10Mg alaşımının 13,9 MPa eğilme gerilmesi altında bu gerilmeyi 10^6 tekrar yapmasına rağmen hasara uğramadan taşıyabileceği deneysel yöntemler kullanılarak kanıtlanmıştır.

KAYNAKÇA

- [1] Wu, Y., Hu, R., Yang, J., & Xue, X. (2018). High-temperature rotary-bending fatigue characteristics of a high Nb-containing beta-gamma TiAl alloy. *Materials Science and Engineering: A*, 735, 40–48. doi: 10.1016/j.msea.2018.08.021
- [2] Liu, C., Li, C., Zhang, Z., Sun, S., Zeng, M., Wang, F., ... Wang, J. (2020). Modeling of thermal behavior and microstructure evolution during laser cladding of AlSi10Mg alloys. *Optics & Laser Technology*, 123, 105926. doi: 10.1016/j.optlastec.2019.105926
- [3] Wang, Q., Apelian, D., & Lados, D. (2001). Fatigue behavior of A356-T6 aluminum cast alloys. Part I. Effect of casting defects. *Journal of Light Metals*, 1(1), 73–84. doi: 10.1016/s1471-5317(00)00008-0
- [4] Le, V.-D., Saintier, N., Morel, F., Bellett, D., & Osmond, P. (2018). Investigation of the effect of porosity on the high cycle fatigue behaviour of cast Al-Si alloy by X-ray microtomography. *International Journal of Fatigue*, 106, 24–37. doi: 10.1016/j.ijfatigue.2017.09.012
- [5] Ma, Z., Samuel, A., Doty, H., Valtierra, S., & Samuel, F. (2014). Effect of Fe content on the fracture behaviour of Al–Si–Cu cast alloys. *Materials & Design*, 57, 366–373. doi: 10.1016/j.matdes.2014.01.037
- [6] Zhu, M., Jian, Z., Yang, G., & Zhou, Y. (2012). Effects of T6 heat treatment on the microstructure, tensile properties, and fracture behavior of the modified A356 alloys. *Materials & Design (1980-2015)*, 36, 243–249. doi: 10.1016/j.matdes.2011.11.018
- [7] Genel, K., Demirkol M. (1999). Effect of case depth on fatigue performance of AISI 8620 carburized steel. *International Journal of Fatigue*, 21(2), 207–212. doi: 10.1016/s0142-1123(98)00061-9
- [8] Deng, H., Li, W., Sakai, T., & Sun, Z. (2015). Very High Cycle Fatigue Failure Analysis and Life Prediction of Cr-Ni-W Gear Steel Based on Crack Initiation and Growth Behaviors. *Materials*, 8(12), 8338–8354. doi: 10.3390/ma8125459

QUALITY CONTROL WITH IMAGE PROCESSING IN SYRINGE PRODUCTION

Lecturer Mustafa TARI

Selcuk University, Akören Vocational School

Assoc.Prof.Dr. Hasan Erdiñ KOÇER

Selcuk University, Faculty of Technology

ABSTRACT

Quality control in the production is a significant process that is necessary in mass production. It can be carried out by either machines or human. However, for quality control done by human, there are some problems resulted from tiredness and being relatively slow of the personals as well error that cannot be noticed by a human. Thus such kind of control is obviously not trustable and difficult. Also if the product that will be controlled is done by transparent material, the possibility of occurring error would increase. Nowadays image processing via camera have been used for quality control process in the considerable number of sectors so that the control is done easier with less error. In this study, the holder and needle's tip of the syringe in the packet converts into grey stage/level and it is controlled by template matching method. On/Off control was done in the control in this study and as a result, 622 out of 752 packets' images of the syringe are detected correctly with the success fraction of 82,71 %.

Keywords: Image Processing, Quality Control, Syringe Production, Template Matching

INTRODUCTION

To produce the qualified products are essential for manufacturing companies so that their goal can be accomplished. Quality control is the process in which the possible errors are detected [1]. This process is an integral part of the manufacturing process [2].

The partial or completely transparency structure of materials produced, the small dimensions of them as well too small errors occurred in them lead to some challenges in the control process. In the line with this situation, some difficulties have been experienced in the control process performed via image processing method because there have been such difficulties that determining to be recognized whether the scanned area belongs to transparent material or the area behind it.

In the scope of this study, to be used image processing methods, the quality control is performed in the packing that is the last process of the syringe production. The images of the syringes are taken by a camera in the factory that manufactures these syringes. The control of whether the syringe is inside packet or not and whether the needle tip is available or not is implemented into the syringes' images by using template matching.

MATERIAL

As seen in the Figure 1, the syringe whose tip is attached to a needle is the medical equipment that is used for injecting the liquid or medicine liquefied into the body via hand-injection



Figure 1. The Syringe and its tip with needle

Several problems are encountered during production or packing process. These problems can be ordered as:

- Irrelevant substance in the needle's tip or syringe
- Breaking the needle's tip plastic because of over pressure in production process
- Containing no needle's tip and injector or more than one in the packet

In this study, the control for the count of products in the packet, last one of the aforementioned problems, has been focused on. This control is implemented by image processing methods.

Nowadays control implementations frequently has been improved via images taken by camera. The one of this control' significant steps is that the object to be controlled is detected. There are several methods for the object detection.

The most used methods for object detection can be ordered;

- Template Matching,
- HOG (Histogram of Oriented Gradient),
- LBP (Local Binary Pattern)
- Haar Cascade [3].

METHOD

In this study, template matching method, which is one of the object recognition methods, was used. Template Matching is the method that is based on scanning the template across the original image respectively left to right, up to down starting upper left corner via sliding window [4].

The calculation methods used for matching template in the method of Template Matching in open source code resource OpenCV are like in the following [4, 5].

1) CV_TM_SQDIFF

$$R(x, y) = \sum_{x', y'} (T(x', y') - I(x + x', y + y'))^2$$

2) CV_TM_SQDIFF_NORMED

$$R(x, y) = \frac{\sum_{x', y'} (T(x', y') - I(x + x', y + y'))^2}{\sqrt{\sum_{x', y'} T(x', y')^2 \cdot \sum_{x', y'} I(x + x', y + y')^2}}$$

3) CV_TM_CCORR

$$R(x, y) = \sum_{x', y'} (T(x', y') \cdot I(x + x', y + y'))$$

4) CV_TM_CCORR_NORMED

$$R(x, y) = \frac{\sum_{x', y'} (T(x', y') \cdot I(x + x', y + y'))}{\sqrt{\sum_{x', y'} T(x', y')^2 \cdot \sum_{x', y'} I(x + x', y + y')^2}}$$

5) CV_TM_CCOEFF

$$R(x, y) = \sum_{x', y'} (T'(x', y') \cdot I(x + x', y + y'))$$

6) CV_TM_CCOEFF_NORMED

$$R(x, y) = \frac{\sum_{x', y'} (T'(x', y') \cdot I(x + x', y + y'))}{\sqrt{\sum_{x', y'} T'(x', y')^2 \cdot \sum_{x', y'} I(x + x', y + y')^2}}$$

The global minimum point or the blackest point of the photograph obtained as a result of the methods CV_TM_SQDIFF and CV_TM_SQDIFF_NORMED is the point observed the

highest match. As for in other methods, global maximum point so mean the most white point is the point observed the highest match [5].

As understood by examining template matching method, this method will be successful in the detection of the object seen in the same way in the whole images. Hence, in this study this method is satisfactory since the detection of the object with the approximate same sizes from fixed point is needed.

LITERATURE OVERVIEW

In the literature, the considerable number of studies in which template matching method was used for solving different problems have been seen.

Belongie et al.(2002), indicated that they had introduced a new approach for image and object detection with template matching after alignment process detecting point values of the objects' side in their study. They investigated the similarities between each other of the logos in database including aggregate of 300 trade mark logos [6]. Berg and Malik (2001), used template matching approach by applying geometric blur to the template and the image in their study and then developed algorithm performing three tasks. These tasks are long-range movement detection, object detection and finding out different points in the object [7]. Pham et al. (2016), tried to detect the objects in motion in the images taken by fixed camera in their study. For detecting the object, they used background subtraction method. In the situation that some objects in motion were seen as background in this method, template matching technique was used. So they expressed that their algorithms worked more accurate and faster. [8]. Gong et al. (2019), developed an application named RetinaMatch that made the state of the retina health follow with the images obtained by devices taking retina image in poor quality using template matching method [9]. Mora et al. (2013), targeted to prevent from misdiagnosis resulted from the images taken faulty like light reflection in automatic identification that is done via retina images in their study. They preferred template matching method to eliminate the undesirable situations like light reflection from the images [10]. Schneider et al. (2015), proposed an approach that provides to automatic mapping of charcoal field using template matching method operating the images taken by laser scanning from the top view in their study [11]. Leyden et al. (2019), used template matching method for detection where the liver takes place by using 25 template liver images in their study [12]. Ye et al. (2017), studies about object recognition over images taken by Synthetic Aperture Radar (SAR) They detected shape similarities using template matching method identifying the shape of the objects in the images in their study [13]. Saxe and Cebon (2016), claimed that the system they developed for detection of the angle between rig and trailer in their study provided more practical solution because the system was contactless and faster than available systems. They reached a conclusion using template matching method by the images taken by the camera [14]. Nie et al. (2019), enhanced a method oriented the detection of post-earthquake building damage in their study. Via the images taken by Synthetic Aperture Radar (SAR), they used template matching method integrating with polarimetry contrast enhancement (OPCE) algorithm for damage detection [15].

In the literature review there has not found any studies about quality control by image processing in the syringe production. In this respect, this study would be the first.

RESEARCH FINDINGS

The steps of the controlling process by using image processing method can be explained under these titles;

- 1) Capturing the image
- 2) Separating the packets in the image
- 3) Converting the RGB image into the greyscale
- 4) The control with the template matching

1) Capturing Process

In the packing line in which the products are packed, the data was obtained by the camera of Canon EOS 600D to be established a mechanism as seen in Figure 2.



Figure 2. The mechanism established to capture the image in the packing line

188 photographs are captured from the packing line as seen in the Figure 3-a and 3-b. While some of them can be accepted because each packet comprises of one syringe and one needle's tip as seen in Figure 3-a, some of them cannot be accepted as seen in Figure 3-b.



Figure 3. The sample images captured from packing line

2) Separating Process

Pre-study was done through 752 images including four syringes and the needle' tips ready to pack. In the pre-study, the images as seen in 4-b,c,d,e were obtained by separating the image into the four parts since each packet must be evaluated independently.

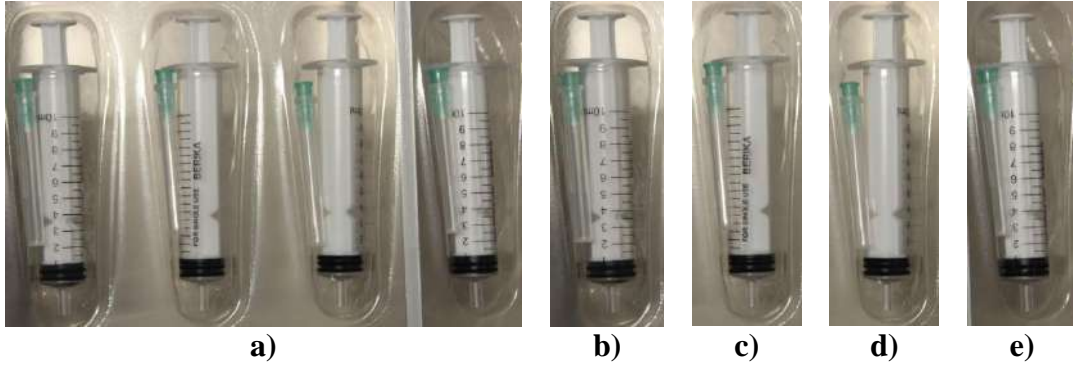


Figure 4. Separating the image into the four parts

While there are no problem 706 out of 752 data obtained, there is neither the syringe nor the needle's tip 1 out of 752. Also 10 packets comprises with only syringe and 35 packets includes no needle's tip or more than one.

3) RGB to Greyscale Converting Process

For converting the image into the greyscale, COLOR_BGR2GRAY function of OpenCV library was used. As a result of the conversion of this function, the result is obtained as seen in Figure 5-b.



Figure 5. a: RGB image, **b:** Converting into the grayscale

4) Template Matching

Using template matching method, the syringe's body and the needle's tip are controlled separately. For scanning with template matching, template images must be generated.

5 template images were generated to be used in the syringe detection from the image taken as seen in Figure 6. These template images were generated for the case that the needle's tip coincides with the seal part the needle's tip. Template 0 is the template that the seal is observed obviously. While template 1 and template 2 were generated for whether respectively the needle's tip is in the right side or left side, template 3 is for the case that the needle's tips are available in the both sides. As for template 4, it is created for the images that cannot be obtained by template 3.

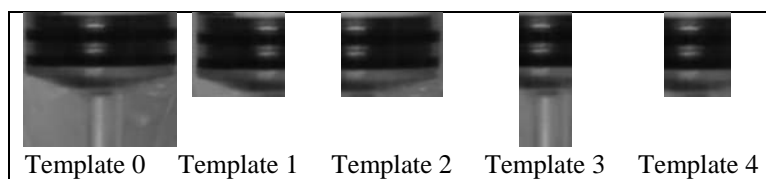


Figure 6. The syringe detection templates

Five templates used for the syringe detection were scanned in the order of respectively 0-1-2-3-4 and if anything is detected in anyone of these templates, other one is not detected. For example; if it is not able to be found in the template 0, template 1 is scanned to the order. If it can not be found in template1,too; template 2 is examined. When it is found in template2, others are not be scanned. The reason why an order is followed like this is that there can be at most one syringe in a packet not two syringes.

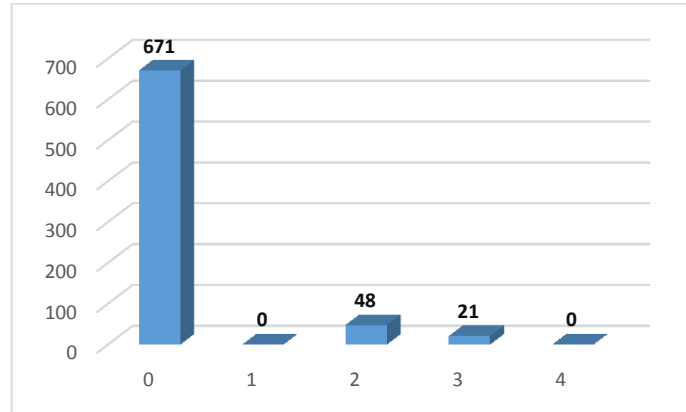


Figure 7. The match number of the syringe templates

The number of template matches is like in Figure 7. When the template 0 is the template observed the most matching, template 2 and template 3 follows it. The reason why any matching with template 2 is not encountered is that the needle's tips generally are available right side the syringe. On the other hand, the reason of no matching with template 4 is that template 3 satisfies the match working before template 4.

As for finding the syringe body, only 1 incorrect result is observed and 99.87% success was achieved. One of the incorrect results is demonstrated in Figure 10-f

To be used for detecting the needle's tip, 19 templates were created as seen in Figure 8. When the templates were created, the discrepancies are taken in consideration such as the angle of the needle's tip, the brightness of the image, the reflection of the light and so on.

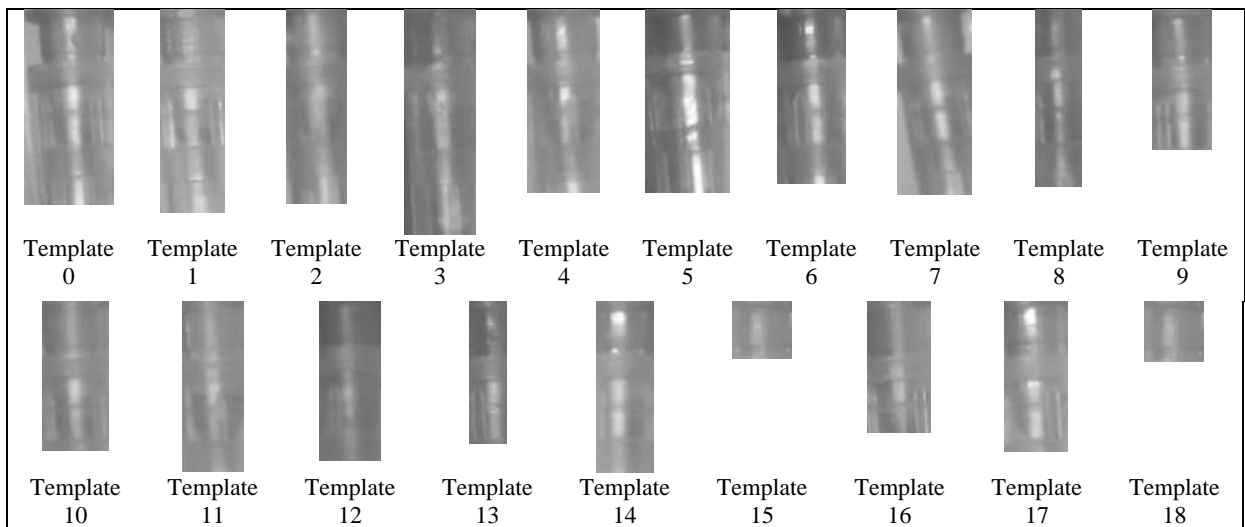


Figure 8. The detection templates of the needle tip

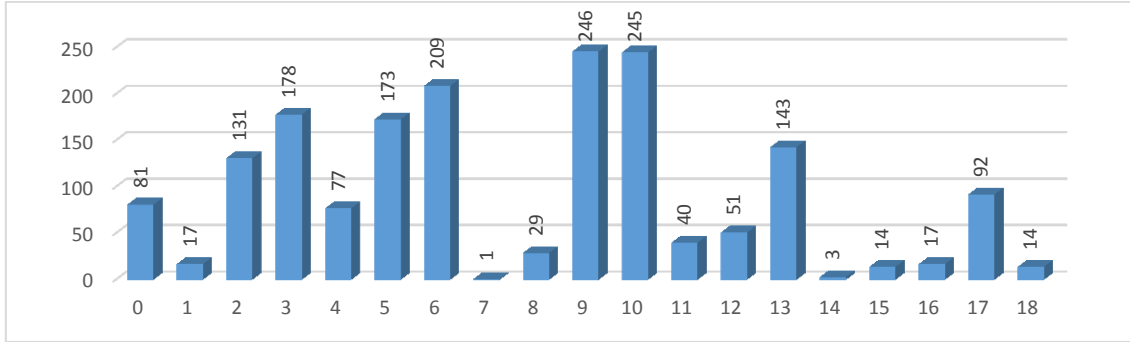


Figure 9. The number of matching of the needle tip templates

As seen in Figure 9, the templates except template 7 and 14 have high matching rate. The matching rate in template 7 is low because of the angled position and also for template 14, the matching rate is low because of light reflection.

In detecting the needle tip, 621 out of the 752 packets were found to be accurate and the success rate was 82.57%. If the reasons of incorrect results can be explained; incorrect results in Figure 10-d, in Figure 10-e and in Figure 10-e are resulted from the reasons of respectively light reflection, the opposite position of the needle tip and being low contrast & overlapping.

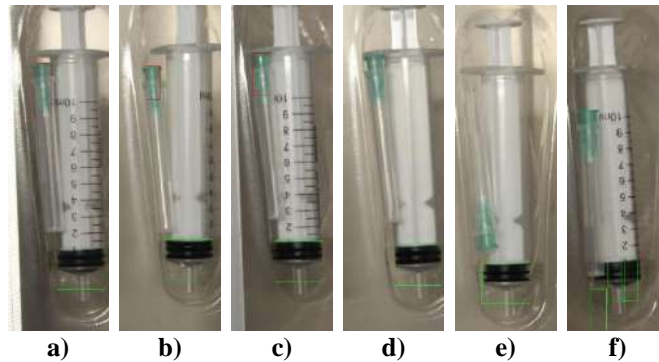


Figure 10. Output of the Study (a-b-c: Acceptable, d-e: Needle tip faulty, f: Injector-Needle tip faulty)

RESULTS AND DISCUSSION

The control whether the syringe is available/or not via the templates seen in Figure 6 and the control of the number of needle tip and whether the needle tip is available or not via the templates as seen in Figure 8 are investigated with template matching method over 752 photographs.

Table 1. The results of this study

	TP	FN	TN	FP	Sensitivity	Specificity	Accuracy
Syringe Detection	740	1	11	0	%99,87	%100	%99,87
Needle Tip Detection	592	124	29	7	%82,68	%80,56	%82,58
Full Package Detection	582	124	40	6	%82,44	%86,96	%82,71

TP (True Positive):	Positive known and positive found
FN (False Negative):	Positive known but negative found
TN (True Negative):	Negative known and negative found
FP (Fake Positive):	Negative known but positive found
Sensitivity	$TP / (TP + FN)$
Specificity	$TN / (TN + FP)$
Accuracy	$(TP + TN) / (TP + FN + TN + FP)$

As seen in Table 1, the results of this study can be classified as three different parts that the syringe detection, the detection of the needle tip and exact packet detection.

In the syringe detection, 740 detections correctly detected in the accepted status, 1 detection incorrectly detected in the accepted status, 11 detections correctly detected in the rejected status and 0 detection incorrectly detected in the rejected status. The accuracy of the injector detection was 99.87%.

In the detection of the needle tip, 591 detections correctly detected in the accepted status, 124 detection incorrectly detected in the accepted status, 29 detections correctly detected in the rejected status and 7 detections incorrectly detected in the rejected status. The accuracy of the detection of the needle tip was 82.58%.

If the general results are desired to be examined, Table 1 can be reviewed. 622 (TP+TN) out of aggregate 752 of the packet images are detected successfully. Thus, overall success rate is 82.71%.

REFERENCES

1. Şengül, Ü. and A.B. Şengül, *Bir İmalat İşletmesinde İstatistiksel Kalite Kontrol Grafiklerinin Uygulanması: SHEWHART, CUSUM, EWMA*. ICPESS 2018 PROCEEDINGS Volume 2: Economic Studies, 2018: p. 425.
2. Kaliten. *Kalite Kontrol Nedir?* 2012 [cited 2019 24.07.2019]; Available from: <http://www.kaliten.com/kalite-kontrol-nedir.html>.
3. Yıldız, G. *EmguCV – Template Matching(Şablon Eşleştirme) İle Görüntü Üzerinde Nesne Tespiti*. 2017 [cited 2019 25.08.2019]; Available from: <https://www.gencayyildiz.com/blog/emgucv-template-matching-sablon-eslestirme-ile-goruntu-uzerinde-nesne-tespiti/>.
4. Pişkin, M. *OpenCV Template Matching ile Nesne Tespiti*. 2016 [cited 2019 05.08.2019]; Available from: <http://mesutpiskin.com/blog/opencv-template-matching-ile-nesne-tespiti.html>.
5. OpenCV. *Template Matching*. 2015 [cited 2019 24.07.2019]; Available from: https://docs.opencv.org/3.1.0/de/da9/tutorial_template_matching.html.
6. Belongie, S., J. Malik, and J. Puzicha, *Shape matching and object recognition using shape contexts*. IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence, 2002(4): p. 509-522.
7. Berg, A.C. and J. Malik. *Geometric blur for template matching*. in *Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. CVPR 2001*. 2001. IEEE.
8. Pham, I., R. Jalovecký, and M. Polášek, *Combining Template Matching and Background Subtraction Techniques to Detect Objects in Infrared Video Sequences*. Advances in Military Technology, 2016. **11**(2).
9. Gong, C., et al., *RetinaMatch: Efficient Template Matching of Retina Images for Teleophthalmology*. IEEE Transactions on Medical Imaging, 2019. **38**(8): p. 1993-2004.
10. Mora, A.D., J. Soares, and J.M. Fonseca. *A template matching technique for artifacts detection in retinal images*. in *2013 8th International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis (ISPA)*. 2013. IEEE.
11. Schneider, A., et al., *A template-matching approach combining morphometric variables for automated mapping of charcoal kiln sites*. Archaeological Prospection, 2015. **22**(1): p. 45-62.

12. Leyden, P., et al., *Cross-correlation Template Matching for Liver Localisation in Computed Tomography*. 2019.
13. Ye, Y., et al., *Robust optical-to-SAR image matching based on shape properties*. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 2017. **14**(4): p. 564-568.
14. de Saxe, C. and D. Cebon, *Measurement of articulation angle by image template matching*. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering, 2019: p. 0954407019833819.
15. Nie, Y., Q. Zeng, and J. Jiao. *Building Damage Assessment from Post-Event Polsar Image Based on Opce and Template Matching*. in *IGARSS 2019-2019 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*. 2019. IEEE.

LAZER İLE KESİM PARAMETRELERİNİN DENEY TASARIM YÖNTEMİ İLE EN İYİLENMESİ

Taha TÜKEL

Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Prof. Dr. Mustafa YURDAKUL

Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

ÖZET

Lazer teknolojisi birçok endüstriyel alanda olduğu gibi imalat sektöründe de çeşitli avantajlar sağlaması nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu teknolojinin sanayideki en yaygın uygulama alanlarından birisi, metal ve metal olmayan malzemelerin kesilmesi işlemidir. Lazer teknolojisi ile yapılan kesme işlemlerinin, geleneksel kesme yöntemlerine kıyasla tezgâhın ilk yatırım maliyeti dezavantajına rağmen, takım aşınmasının olmaması, yüksek hızlarda malzeme kesebilme, bilgisayar ile kontrol edilebilirlik, işlem sonrası ürün kalitesi gibi birçok yönden avantajları bulunmaktadır. Geleneksel yöntemlerde olduğu gibi lazer ile kesme yönteminde de ürün kalitesine etki eden farklı işlem parametreleri mevcuttur. Parametrelerin doğru seçilmemesi durumunda ürün kalitesi düşerek işlem sonrası ek işlem gereksinimleri ve dolayısıyla ek maliyetler ve zaman kayıpları ortaya çıkabilmektedir. Bu çalışmada, bir fiber lazer tezgahında, belirli parametreler değiştirilerek yapılan kesme işlemleri sonucunda mümkün olan en iyi çıktının alınması üzerine çalışılmıştır. Değişken parametreler lazer gücü, kesme hızı ve yardımcı gaz basıncı olarak belirlenmiş olup diğer tezgâh parametreleri işlemler boyunca sabit tutulmuştur. Belirlenen bu parametrelerin tek tek değiştirilmesi ile yapılan kesimler sonucunda elde edilen numuneler üzerinde yapılan incelemelerde her bir parametrenin kesim kalitesi üzerindeki etkisi gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Lazer ile kesme, deney tasarımı, kesme kalitesi

ABSTRACT

Laser technology is widely used in manufacturing industry as well as in many other industrial areas because of its advantages. One of the most common applications of this technology in the industry is the process of cutting metal and non-metal materials. Laser cutting has advantages in many respects such as no tool wear, high speed material cutting, computer controllability, and good post-process product quality, despite the disadvantage of the initial investment cost of the machine compared to conventional cutting methods. As with conventional methods, there are different process parameters that affect product quality in laser cutting. If the parameters are not selected correctly, product quality may decrease, resulting in additional process requirements, additional costs and time losses. In this study, a fiber laser machine is used to obtain the best possible output as a result of cutting by changing certain parameters. Variable parameters were determined as laser power, cutting speed and auxiliary gas pressure and other machine parameters were kept constant throughout the process. As a result of the cuts made by changing these parameters one by one, the effect of each parameter on the cut quality was observed in the examinations made on the obtained samples.

Keywords: Laser cutting, experiment design, cutting quality

GİRİŞ

Lazer ile ilgili kuramsal temel 1916 yılında Albert Einstein tarafından önerilen, uyarılmış ışının teorisi ilkesine dayanmaktadır. Bu ilke Planck'ın ışın ile ilgili çalışmalarından türetilerek ortaya atılmıştır. Einstein'ın bu teorisine göre; uyarılmış ışınım enerji seviyesindeki bir atom düşük enerji seviyesine indiğinde foton yayması gerekir, bunun sonucu olarak enerji meydana gelir [1,4]. Bu teori kullanılarak 1950'li yılların başında Charles H. Townes'un yönettiği grup tarafından amonyak kullanmak suretiyle mikrodalgaların yükseltilmesine dayanan MASER bulunmuştur. MASER kelimesinin açılımı Microwave Amplication by Stimulated Emission of Radiation'dur. Yani, ışınım yayımının uyarılması ile yükseltilmiş olan mikrodalga anlamındadır. [2].

Bu çalışmaların ardından bilim insanları, bulunan bu teknolojinin optik bölgelere uyarlanması hakkında çeşitli çalışmalar yaparak bugün kullandığımız lazer teknolojisinin temellerini atmışlardır. 1960 yılında H. Mainman yakut ile çalışan ilk lazeri bulmuştur. H.Maiman tarafından bulunan cihazın önemli elemanları bir kıvılcım boşaltma tüpü ve bir yakut kristalidir. Kıvılcım boşaltma tüpü şiddetli ışık üretmekte, yakut kristali ise bu ışığı alıp 103saniye kadar kısa süre sonra bir miktarı ışık, bir miktarı da ısı olacak şekilde geri vermektedir. Yakuttan oluşan ışık enerjisinin küçük bir kısmı kristal eksenine paralel yayınan kırmızı bir huzme oluşturur. Bu ışık huzmesi yakut kristalinin iki tarafına yerleştirilmiş olan aynalar ile yansıtılır ve böylece kırmızı ışık demeti kristali birkaç kez kat eder. Bu durumda ışığın yakuttan her geçişinde kırmızı ışık halinde ilave enerji olarak şiddeti artar. Aynalardan bir tanesi daha ince kaplanmış olduğu için ışık demetinin bir kısmı buradan dışarı çıkabilir. Bu ince kaplanmış aynadan çıkan ışık lazer ışını olarak adlandırılmıştır [4].

H. Mainman'ın buluşunu takiben P.P.Sorokin ve M.J. Stevenson uranyum lazerini, A. Javan ve ark. Helyum-Neon lazerini, 1963 yılında C.Kumar ve N.Patel CO2 lazerini, 1964 yılında J. Geusic ve ark. Nd:YAG lazerini ve yine 1964 yılında W. Bridges Ar-İyon lazerini bulmuşlardır [1].

Bu buluşları takiben yapılan çeşitli araştırma ve geliştirme faaliyetleri sonucunda farklı lazer türleri ortaya konulmuş olup uygulama alanlarına göre bugün imalat sektöründen tıp sektörüne, bilgisayar, elektronik haberleşme, uzay, eğlence gibi birçok farklı sektörlerde lazer teknolojisi kullanılır hale gelmiştir. Bulunan tüm lazer türleri için hem lazer uygulamasını yapan makineler için hem de lazer ile işlem gören parçaların kalitesini arttırmak adına yapılan araştırma ve geliştirme faaliyetleri devam etmektedir.

Wandera ve Kuanpaa, fiber lazer tezgahında 10 mm kalınlığındaki paslanmaz çelik kullanarak optimum lazer kesme parametrelerini bulma üzerine çalışma yapmıştır. Değerlendirmeye alınan parametreler kesme hızı, odak pozisyonu ve odak uzaklığıdır. Parametrelerin optimize edilmesi ile kesme yüzeyindeki çapak oluşumunun engellenmesi amaçlanmıştır. 24 farklı deney planlanmıştır. İşlem sonucunda daha düşük yüzey pürüzlülüğü ve çapaksız kesme kenarları için kesme hızının düşürülmesi, lazer ışınını daha iyi odaklamak için daha uzun odak uzaklığı lensi kullanılması gerektiği tespit edilmiştir [5].

Andersson ve Granberg tezlerinde CO2 lazer tezgahında titanyum alaşımı plaka üzerinde (Ti-6Al-4V) Argon ve Nitrojen yardımcı gazları ayrı ayrı kullanılarak farklı malzeme kalınlığı, kesme hızı, lazer gücü, gaz basıncı ve lens odak uzaklığı parametrelerinin ısı tesiri altındaki bölge, yüzey düzensizliği ve çapak yüksekliğine olan etkilerini deney tasarım metodu ile incelemişlerdir. Sonuçlara göre malzeme kalınlığı ve kesme hızı en önemli etkiyi gösteren iki parametre olduğunu, lazer gücü ve gaz basıncının da kesme kalitesi üzerinde etkili olduğunu gözlemlemişlerdir [3].

Borman ve arkadaşları 2mm ve 3mm kalınlığındaki alüminyum alaşımı malzeme üzerinde, deney tasarım yöntemini kullanarak lazer gücü, kesme hızı yardımcı gaz basıncı ve Nozül yaklaşma mesafesi değişken parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve kerf genişliği üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmada, her bir parametrenin kesim kalitesi üzerinde olan etkilerini gözlemleyerek, optimizasyon yapmış ve çoklu regresyon analizi ile her bir kalite faktörü için en uygun parametreleri elde etmişlerdir [6].

Bernat ve arkadaşları bir fiber lazer kesme tezgahında kesme hızı ve lazer gücünün ölçüsel doğruluk ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında deney malzemesi olarak 6mm kalınlığında yapı çeliği ve paslanmaz çelik kullanmışlardır. Kesim sonuçlarına göre istenen kalitenin elde edilebilmesi için kesme hızının artırılması ve lazer gücünün azaltılması ile daha iyi yüzey pürüzlülüğü ve boyutsal doğruluk değerlerine ulaşıldığı tespit edilmiştir [7].

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Bu çalışmada, 3 farklı kalınlıktaki St-52 malzemenin Durma marka HD-F 6020 fiber lazer tezgahında farklı parametreler ile kesimi sonucunda elde edilen malzemelerin yüzey pürüzlülüğü ve çapak oluşumu açısından yüzey kaliteleri incelenmiştir.

Deney tasarım metoduna göre yapılan deney planına göre 4 farklı parametre için 3 farklı değer kullanılarak, 3 tekrarlı bir deney tasarımı için toplam 81 adet malzeme kesimi yapılması gerektiği tespit edilmiş ve buna göre tablo 2’de belirtilen kesim planı hazırlanmıştır.

Değişken tezgâh parametre değerleri tablo 1’de belirtilmiş olup, nozül mesafesi, focus, frekans, gaz tipi, nozül çapı gibi diğer tezgâh parametreleri tüm kesim işlemleri boyunca sabit tutulmuştur.

Faktörler ve Seviye Değerleri	
Faktörler	Seviye Değerleri
Parça Kalınlığı (mm)	Alt Seviye: 8 / Orta Seviye: 12 / Üst Seviye: 15
Kesme Hızı (mm/dak.)	Alt Seviye: 850 / Orta Seviye: 1000 / Üst Seviye: 1150
Lazer Gücü (Watt)	Alt Seviye: 3000 / Orta Seviye: 3500 / Üst Seviye: 4000
Gaz Basıncı (Bar)	Alt Seviye: 0,55 / Orta Seviye: 0,65 / Üst Seviye: 0,75
Nozül Mesafesi (mm)	1,5
Focus (mm)	0
Duty (%)	100

Faktörler ve Seviye Değerleri	
Faktörler	Seviye Değerleri
Frekans (Hz)	5000
Gaz Tipi	Oksijen
Kesilen Parça Boyutu	100x50 (mm)

Tablo 1: Faktörler ve değerleri

Tablo 2’de yapılan deneyler ile ilgili hangi parçanın hangi tezgâh değerleri ile kesildiği ve parça numaraları belirtilmiştir. 3 tekrarlı bir deney planlaması yapıldığı için her bir kesim parametresi ile 3 adet parça kesilmiştir.

Deney No	Parça Numaraları	Değişkenler			
		Kalınlık (mm)	Kesme Hızı (mm/dak)	Lazer Gücü (W)	Gaz Basıncı (Bar)
1	(80-25-72)	12	1000	3000	0,75
2	(31-34-39)	12	1000	4000	0,55
3	(1-2-28)	15	1000	4000	0,65
4	(21-46-68)	15	1000	3500	0,55
5	(69-30-45)	12	1150	4000	0,65
6	(56-11-48)	12	1150	3500	0,55
7	(54-44-76)	8	1000	3000	0,65
8	(7-10-73)	12	850	3500	0,75
9	(4-50-66)	8	1000	3500	0,55
10	(37-38-60)	15	1150	3500	0,65
11	(17-43-79)	12	1000	4000	0,75
12	(15-33-53)	12	850	4000	0,65
13	(75-65-81)	8	1150	3500	0,65
14	(20-36-49)	12	1000	3500	0,65
15	(52-62-78)	12	1000	3500	0,65
16	(24-26-41)	12	850	3000	0,65
17	(77-55-57)	8	850	3500	0,65
18	(18-19-32)	15	1000	3000	0,65
19	(3-35-70)	15	1000	3500	0,75
20	(8-16-42)	12	1150	3500	0,75
21	(6-13-47)	12	1000	3000	0,55
22	(9-14-51)	12	1150	3000	0,65
23	(23-71-74)	8	1000	3500	0,75
24	(12-22-40)	15	850	3500	0,65
25	(58-59-67)	12	1000	3500	0,65
26	(5-61-63)	12	850	3500	0,55
27	(27-29-64)	8	1000	4000	0,65

Tablo 2: Deney Planı

Yukarıda belirtilen plana göre yapılan kesme işlemleri sonucunda elde edilen parçalar yüzey pürüzlülüğü ve çapak (cüruf) oluşumu açısından incelenmiştir.

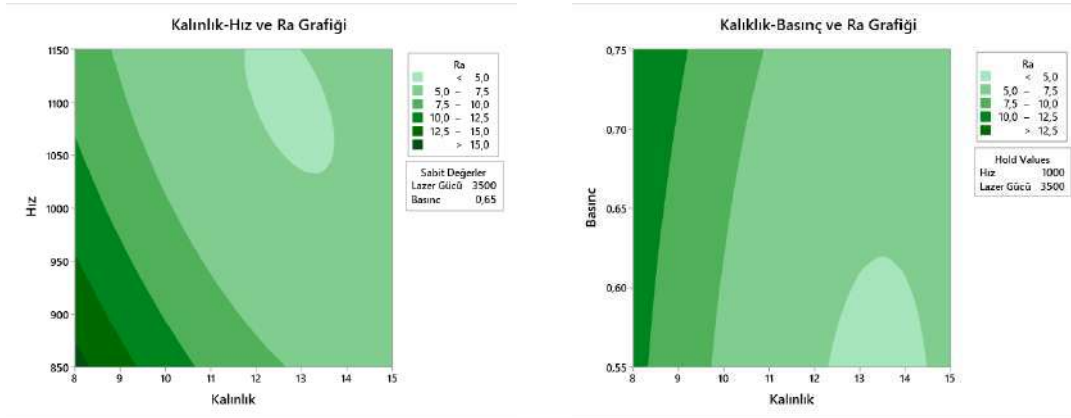


Resim 1-2: Lazer Tezgâhı ve Deney numuneleri

Yüzey Pürüzlülüğü

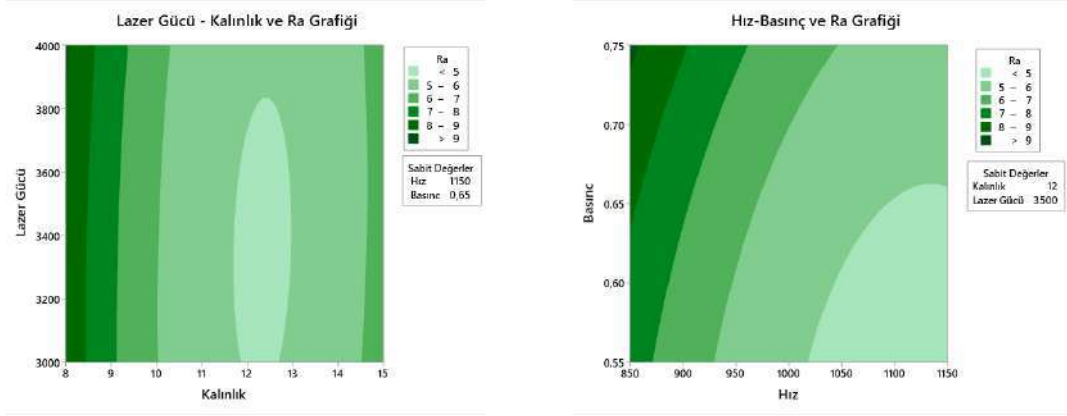
Tezgâhta kesilen parçaların kesme yüzeyleri DIN 9013 standardında belirtildiği şekilde, malzeme kesim yüzeyinin üst kısmından kalınlığın 2/3'ü kadar aşağıdan, Tesa markasının Rugosurf 20 modellenli yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı ile ölçülmüştür.

Yüzey pürüzlülüğü ölçümler sonucunda elde edilen değerler değerlendirildiğinde, lazer gücü ve yardımcı gaz basıncı değerlerinin sabit tutulduğu durumlarda yüzey pürüzlülüğünün kesme hızının artması ile azaldığı, lazer gücü ve kesme hızının sabit tutulduğu durumlarda yardımcı gaz basıncının azalması ile yüzey pürüzlülüğünü azaldığı görülmüştür.



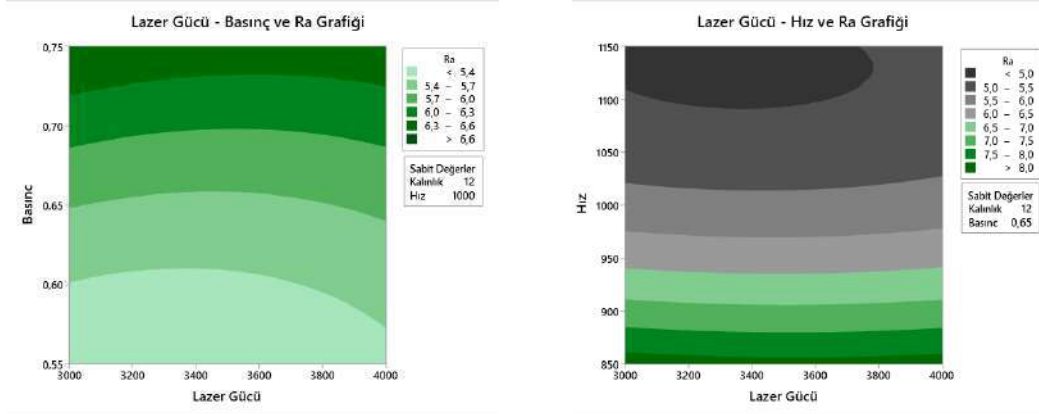
Grafik 1-2: Kalınlık-Hız ve Kalınlık-Basınç Grafiği

Kesme hızı ve yardımcı gaz basıncının sabit tutulduğu durumlarda lazer gücünün, azalması ile 3000W seviyelerinden sonra yüzey pürüzlülüğünün azaldığı, kalınlık ve lazer gücünün sabit tutulduğu durumlarda basıncın azalması ve kesme hızının artması ile yüzey pürüzlülüğü değerinin azaldığı görülmüştür.



Grafik 3-4: Lazer Gücü – Kalınlık ve Hız – Basınç grafiği

Kesme hızı ve malzeme kalınlığının sabit tutulduğu durumlarda yardımcı gaz basıncının azalması ve lazer gücünün azalması ile yüzey pürüzlülüğünün azaldığı, kalınlık ve basıncın sabit tutulduğu durumlarda yüzey pürüzlülüğünün lazer gücünün azalması ve kesme hızının artması ile minimum noktalara gelebileceği görülmüştür.



Grafik 5-6: Lazer Gücü – Basınç ve Hız – Lazer Gücü grafiği

Çapak (Cüruf) Oluşumu

Kesim sırasında ergiyen malzemenin mümkün olduğunca kısa sürede kesme bölgesinden uzaklaştırılması gerekir. Eğer kesilecek malzeme yeterince ergitilemez ya da ergitilen malzeme gerektiği gibi kesim bölgesinden uzaklaştırılmazsa, ısı ile temas halinde olan malzeme yüzeyde yapışarak soğur ve kesme bölgesinde çapak oluşumu (cüruf oluşumu) gözlenir [8-9].

Deney numuneleri incelendiğinde 18-19-32 numaralı ve 37-38-60 numaralı parçalarda yüksek miktarda çapak oluşumu tespit edilmiştir. Bu parçaların ilgili tezgâh değerlerine tablo 2’den baktığımızda tüm parçaların 15mm kalınlığında olduğunu, kesme hızının yüksek, lazer gücünün düşük ve yardımcı gaz basıncının orta seviyede olduğu görülmektedir. Yardımcı gaz basıncının, çapak oluşumu gözlenen tüm deney numunelerinde de 0,65 bar değerinde olması, gaz basıncının, çapak oluşumunda diğer faktörlere göre daha az etkiye sahip olduğu anlamına gelmektedir. Ancak, çapak oluşumunu engellemek için eriyen malzemenin kesim bölgesinden uzaklaştırılması gerektiğinden hareketle, ergiyen malzemeyi mümkün olan en kısa sürede

kesim bölgesinden uzaklaştırma işlemi için yardımcı gaz basıncı değerinin yüksek olması gerektiği sonucu çıkartılabilir.



Resim 3-4-5 : 18-19-32 numaralı numuneler



Resim 6-7-8: 37-38-60 numaralı numuneler

SONUÇLAR

Yapılan çalışmalar sonucunda lazer ile kesilecek malzemelerin kesim kalitesi için, tezgâh parametrelerinin ve malzeme kalınlığının her birinin önemli etkilere sahip olduğu görülmüştür. 8, 12 ve 15 mm kalınlığında ST-52 malzeme özelinde değerlendirildiğinde, yüzey pürüzlülüğüne en çok etki eden faktörün kesme hızı ve gaz basıncı olduğu, lazer gücünün seçilen parametreler için sonuçlara daha az etki ettiği gözlemlenmiştir. Çapak oluşumunun engellenmesi için ise kalınlık arttıkça kesme hızının azaltılması ve lazer gücünün artırılması gerektiği görülmektedir. Seçilen parametreler arasında optimum kesim parametrelerinin grafiklerden görüleceği gibi, 12mm kalınlığında malzeme, 1100mm/dak., 3200W lazer gücü, 0,55bar gaz basıncı olduğu anlaşılmaktadır. Bu parametreler kesilecek malzeme tipine ve kalınlığına göre değişkenlik gösterecektir.

Uygun olmayan tezgâh parametreleri ile yapılan kesimler, malzemenin istenen kalite sonuçlarını vermemesine, kesim sonucunda istenen kalitenin elde edilebilmesi için ek işlem gereksinimine ve dolayısıyla ek maliyetlerin ve zaman kayıplarının oluşmasına, hatta malzemenin hurdaya ayrılmasına sebep olabilir.

Lazer ile kesim işlemi endüstride çok çeşitli malzemeler için kullanılmaktadır. Bir malzeme için uygun olan kesme parametreleri diğer bir malzeme için çok farklı sonuçlar ortaya koyabilmektedir. Bu nedenle malzemeye bağlı çalışmalar açık noktalar göz önünde bulundurularak çeşitlendirilmelidir. Ek olarak, alaşımli metallere ve metal olmayan kompozit plakalar, çeşitli polimerler ve ağaç temelli malzemeler konusunda araştırmalar yapılmalı,

teknolojinin gelişmesiyle birlikte endüstride kullanılmaya başlanan 3 boyutlu lazer kesme makinalarının kesim kaliteleri üzerinde çalışmalar yapılmalıdır.

KAYNAKÇA

1. Mungan M.C. (2006). *Lazer ile Kesme ve Endüstriyel Uygulamaları*, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antakya.
2. O'Shea, D.C., Callen, W.R., Rhodes, W.T. (1978). *Introduction to Lasers and Their Applications* (Second Edition). United States of America: Addison-Wesley.
3. Andersson, N., Granberg, C. (2015). *Laser Cutting in Ti-6Al-4V Sheet: Doe and Evaluation of Process Parameters Informative*, Master Degree Thesis, Chalmers University of Technology Department of Materials and Manufacturing Technology, Gothenburg, 15-19
4. Karaaslan, A. (2009). *Lazer ile Malzeme İşleme İşlemleri* (Birinci Baskı). İstanbul: Literatür Yayıncılık.
5. Wandera, C. and Kujanpää, V. (2011). Optimization of Parameters for Fibre Laser Cutting of 10mm Stainless Steel Plate. *Journal of Engineering Manufacture*, 641-649.
6. Prabhakaran, M., Patil, A.N., Raikar, N., Sidhardth, K., (2016). Experimental Investigation on Gas Laser Cutting. *International Journal of Advance Research in Science and Engineering*, 27-38.
7. Bernat, R., Zalezak, Z., Zarnovsky, J., Kecskes, N., (2018). Monitoring The Quality of Laser Cutting. *Multidisciplinary Aspects of Production Engineering*, 137-145.
8. Öner U. (2008). *Lazerle Kesme İşleminde Kesme Parametrelerinin Kesme Aralığı ve Yüzey Kalitesi Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
9. Patel, J. M., And Patel D. M. (2011, July). Parametric Investigation in CO₂ Laser Cutting Quality of Hardox-400 Materials. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 5979-5984.
10. Rajaram, N., Sheikh-Ahmad, J., and Cheraghi, S. H. (2003, March). CO₂ Laser Cut Quality of 4130 Steel. *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 351-358.
11. Ghany, K. A. and Newishy, M. (2005, October). Cutting of 1,2mm Thich Austenitic Stainless Steel Using Pulsed and CW Nd:YAG Laser. *Journal of Materials Processing Technology*, 438-447.
12. Hecht J. (2019). *Understanding Lasers* (Fourth Edition). United States of America: John Wiley & Sons, 240-241.
13. Bayraktar Ş. (2015). *Farklı Kesme Yöntemleri ile Üretilen Silisli Sac Paketlerinin Elektrik Makinalarının Performansı Üzerine Etkisi*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 40-51.
14. Ezpelata D.T. (2013). *Contribution to Laser Milling Process Parameters Selection for Process Planning Operations*, Doctoral Thesis, University of Girona, Girona, 11-30
15. Trumpf. (2007). *Laser Processing CO₂ Laser*. Germany: Trumpf Werkzeugmaschinen, Chapter 5

ÜÇGEN RİJİT ZIMBA İLE YÜKLENEN YANAL DERECELENDİRİLMİŞ KATMANLARIN KAYMA TEMAS PROBLEMLERİNDE GERİLME ŞİDDETİ FAKTÖRÜ HESAPLAMALARI

Dr. Öğr. Üyesi Onur Arslan

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Bir makine elemanın işlevini yerine getirebilmesi için genellikle başka bir makine elemanı ile temas halinde olması gerekir. Bu tür temas ilişkilerinin var olduğu sistemlere kamlar, rulmanlar, dişliler ve aşınır contalar örnek gösterilebilir. Dolayısıyla, mühendislik malzemelerinin temas yüklerine karşı gösterdikleri tepkiler, sistemlerin tasarımlarında önemli rol oynamaktadır. Temas problemleri incelendiğinde; rijit zimbaların keskin kenarları ile temas halinde olan elastik yüzey noktalarının tekil temas gerilmelerine maruz kaldıkları görülmektedir. Bahsi geçen gerilme tekillikleri yüzey çatlaklarına neden olabilmektedir ve bu yüzey çatlaklarının başlama eğilimlerini gerilme diyagramları ile tahmin etmek mümkün değildir. Öte yandan, bu çatlak başlatma eğilimleri normal temas gerilmeleri kullanılarak hesaplanan "Gerilme Şiddeti Faktörlerinin" incelenmesi ile öngörülebilir.

Yeni üretim tekniklerinin geliştirilmesi ile birlikte derecelendirilmiş malzemeler gibi özel kompozitlerin tasarımlarda kullanımı yaygın hale gelmiştir. Derecelendirilmiş malzemelerde; en az iki farklı malzemenin hacimsel oranları eksenel yönler boyunca sürekli şekilde değişmektedir. Ekseriyetle kalınlık eksenini derecelendirme eksenini olarak belirlenmektedir. Fakat yanal yönde derecelendirilmiş şeritlerin üretimi de özel teknikler sayesinde aynı derecede mümkündür. Yanal derecelendirilmiş şeritler, kemik kırıklarını sabitlemek için üretilen aparatlarda ve kalın cidarlı dönen basınç kaplarında kullanılmaktadır. Ayrıca yanal derecelendirilmiş sonsuz yarı-düzlemlerin sürtünmeli kayma temas problemlerini inceleyen çeşitli teorik çalışmalar literatürde mevcuttur.

Dolayısıyla bu çalışmada; üçgen rijit zimba ile yüklenmiş yanal derecelendirilmiş bir malzeme yüzeyindeki gerilme şiddeti faktörü düzlem gerinimi varsayımı ile formüle edilmiştir. Formülasyonda yanal derecelendirilmiş bir malzeme için "Tekil İntegral Yöntemi" kullanılarak elde edilmiş olan temas gerilmesi ifadesi kullanılmıştır. Bu çalışmada üretilen sonuçlarla literatürde var olan (homojen yarı-sonsuz bir elastik düzlem için üretilmiş) sonuçlar karşılaştırılarak, ortaya konulan yöntemin doğruluğu ispat edilmiştir. Ayrıca heterojenlik sabiti, elastik ortam kalınlığı ve sürtünme katsayısı gibi parametrelerin değişimi ile gerilme şiddeti faktörü davranışlarının etkili bir şekilde kontrol edilebileceği gösterilmiştir. Bu çalışmada sunulan formülasyon ve sonuçlar, keskin yüzeylerle temas halinde olan yanal derecelendirilmiş katmanların tasarımında verimli şekilde kullanılabilir.

Anahtar kelimeler: Gerilme şiddeti faktörü, Sürtünmeli kayma temas problemleri, Yanal derecelendirilmiş katman, Üçgen rijit zimba

GİRİŞ

Bir sistem elemanın işlevini yerine getirebilmesi için genellikle başka bir sistem elemanı ile temas halinde olması gerekir. Bu sistemlere kamlar, rulmanlar, dişliler ve aşınır contalar örnek gösterilebilir. Dolayısıyla, mühendislik malzemelerinin temas yüklerine karşı gösterdikleri tepkiler, bu tip sistemlerin tasarımda önemli hale gelmektedir.

Yeni üretim tekniklerinin geliştirilmesi ile birlikte derecelendirilmiş malzemeler gibi özel kompozitlerin tasarımlarda kullanımı yaygın hale gelmiştir. Derecelendirilmiş malzemeler; hacimsel malzeme oranlarının aksel yönlerde sürekli şekilde değiştiği kompozitlerdir. Suresh (2001) ve Lawn (1998) derecelendirilmiş malzemelerin temas yüklerine karşı dayanımlarının homojen malzemelere oranla çok daha üstün olduğunu göstermişlerdir. Daha sonrasında derecelendirilmiş malzemelerin temas yükleri altındaki davranışlarını inceleyen birçok çalışma yapılmıştır (Güler ve Erdoğan, 2004; Chen ve Chen, 2013; Choi ve Paulino, 2008; Vasu ve Bahndakkar, 2018; Arslan ve Dağ, 2018). Bu çalışmalarda tanımlanan temas problemi modellerinde; malzemenin kalınlık akseni derecelendirme akseni olarak belirlenmiştir. Fakat yanal yönde derecelendirilmiş malzemelerin ve şeritlerin üretimi de Reaktif Manyetron Püskürtme teknolojisi sayesinde aynı derecede mümkündür (Cremer ve Neuschütz, 2001). Yanal derecelendirilmiş şeritler kemik kırıklarını sabitlemek için aparat olarak (Ganesh vd., 2005; Ramakrishna vd., 2004), ve kalın cidarlı dönen basınç kaplarında (Nejat vd., 2015) kullanılmaktadır. Ayrıca yanal derecelendirilmiş sonsuz yarı-düzlemlerin sürtünmeli kayma temas problemleri çeşitli zımba profilleri için Dağ vd. (2009, 2013) tarafından ele alınmıştır. Chen ve Chen (2015) rijit dairesel bir zımba etkisi altındaki rastgele bir yönde derecelendirilmiş yarı-sonsuz düzlemin sürtünmeli kayma temas problemi için bir çözüm önermiştir. Arslan (2019) çeşitli yüzey profillerine sahip rijit zımba etkisi altındaki sonlu kalınlığa sahip yanal derecelendirilmiş malzemelerin sürtünmeli kayma temas problemlerini Tekil İntegral Denklemleri yöntemi kullanarak çözmüştür.

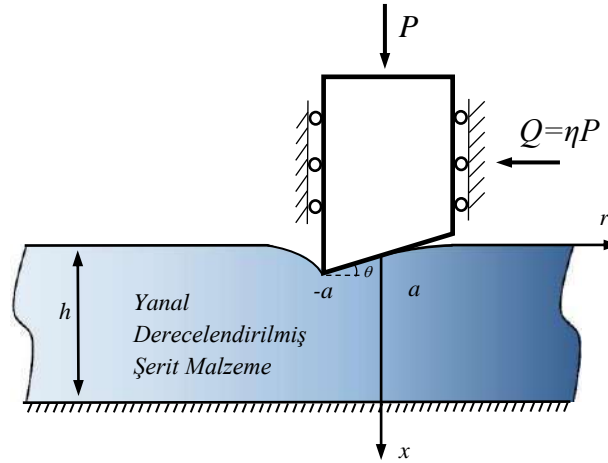
Rijit zımbalarla yüklenen elastik malzemelerin sürtünmeli kayma temas problemleri ele alındığında, keskin kenarlarla temas halinde olan elastik yüzey noktalarında tekil temas gerilmeleri ve bu noktaların etrafında da ani temas gerilmesi değişimleri olduğu bilinmektedir (Dağ, 2009). Bu gerilme tekilliklerin ve gerilmelerdeki ani değişimlerin yüzey çatlaklarına neden olması kuvvetle muhtemeldir. Dolayısıyla yüzey çatlaklarının başlama ihtimallerini öngörmek tasarımın doğru yapılabilmesi için elzem hale gelmektedir ve bu ihtimalleri gerilme diyagramları ile analiz etmek mümkün değildir. Tekil temas gerilmelerinin olduğu noktalardaki çatlak başlatma eğilimleri, temas gerilmesi ifadeleri kullanılarak hesaplanan "Gerilme Şiddeti Faktörlerinin" incelenmesi ile öngörülebilir (Guler ve Erdogan, 2004). Dolayısıyla bu çalışmada; üçgen rijit zımba ile yüklenmiş yanal derecelendirilmiş bir malzeme yüzeyindeki gerilme şiddeti faktörü düzlem gerinimi varsayımı ile formüle edilmiştir. Bu formülasyonda; yanal derecelendirilmiş bir malzeme için "Tekil İntegral Yöntemi" sayesinde elde edilen bir temas gerilmesi ifadesi (Arslan, 2019) kullanılmıştır.

Bu makalede ortaya konulan formülasyonun doğruluğunu ispatlamak amacıyla; elde edilen gerilme şiddeti faktörü sonuçları yarı sonsuz homojen bir düzlem için Güler (2000) tarafından elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Sonuçların birbirleri ile çok iyi bir doğrulukta uyduğu gözlenmiştir. Bu karşılaştırmalı tablonun yanı sıra, çeşitli problem parametrelerinin gerilme şiddeti faktörü üzerindeki etkileri grafiklerle ortaya konulmuştur. Ortam kalınlığı arttırdıkça gerilme şiddeti faktörü sonuçlarının sabit değerlere yakınsadığı gözlemlenmiştir. Bu durum; mevcut çalışmada sunulan formülasyonun ortam kalınlığını arttırdıkça yarı-sonsuz düzlem durumuna çok başarılı bir şekilde yakınsadığını ispatlar niteliktedir. Ayrıca heterojenlik sabiti, ortam kalınlığı ve sürtünme katsayısı gibi parametredeki değişimlerin gerilme şiddeti faktörü davranışlarını önemli derecede değiştirdiği görülmektedir. Dolayısıyla bu çalışmada, yanal derecelendirilmiş malzemelerde temas sonucu oluşabilecek çatlak

başlatma eğilimlerinin problem parametrelerinin optimizasyonu sayesinde kontrol edilebileceği gösterilmiştir.

Formülasyon

Bu çalışmada; üçgen rijit bir zımba ile sürtünmeli kayma temasında olan yanal derecelendirilmiş malzeme yüzeyindeki gerilme şiddeti faktörü hesabı ele alınmıştır. İlgili temas problemi modeli Şekil 1 de görülmektedir.



Şekil 1. Temas problemi konfigürasyonu

Şekil 1 deki problem modelinde görüldüğü üzere, h sonlu kalınlığına sahip yanal derecelenmiş malzeme rijit bir altlık üzerinde yer almaktadır. Yanal derecelendirilmiş malzeme ile rijit zımba arasında Coulomb sürtünmesi olduğu varsayılmaktadır; böylece kayma durumu için sürtünme kuvveti $Q = \eta P$ şeklinde ifade edilir. Burada η sürtünme katsayısını, P temas kuvvetini, θ ise üçgen zımbanın eğim açısını temsil etmektedir. Üçgen zımba ile elastik yüzey arasındaki temasın $-a < r < a$ aralığında yer aldığı görülmektedir. Bu çalışmada Arslan (2019) tarafından normalize edilmiş parametreler referans alındığından $|a| = 1$ kabul edilmiştir. Elastik ortamın kesme modülü yanal r -ekseni boyunca üstel olarak değişmektedir:

$$\mu(r) = e^{\bar{\gamma}r} \mu_0 \quad (1)$$

burada $\bar{\gamma}$ ve μ_0 sırasıyla normalize heterojenlik parametresini ve $r=0$ düzlemindeki referans kesme modülünü ifade etmektedir. $\bar{\gamma} > 0$ değerleri için pozitif r -ekseni boyunca elastik ortamın katılığı artarken, $\bar{\gamma} < 0$ değerleri için pozitif r -ekseni boyunca elastik ortamın katılığı azalır. Poisson oranı ν ise tüm ortamda sabit değer almaktadır.

Bahsi geçen temas problemi için üçgen rijit zımba ile yanal derecelendirilmiş ortam arasındaki temas basıncı Arslan (2019) tarafından tekil integral denklemleri kullanılarak formüle edilmiştir ve aşağıdaki gibi yeniden düzenlenir:

$$p(r) = -e^{\bar{\gamma}r} \tan(\theta) \mu_0 (1-r)^\alpha (1+r)^\beta \sum_{n=0}^N A_n P_n^{\alpha, \beta}(r) \quad -1 < r < 1 \quad (2)$$

$P_n^{\alpha,\beta}(r)$ derecesi n olan Jacobi polinomunu, A_n ise seri denkleminin bilinmeyen sabitlerini göstermektedir. N sonsuz bir seri denkleminin kırılma sayısını göstermektedir. α ve β sırasıyla temas bölgesinin sınırlarını teşkil eden $r=+a$ ve $r=-a$ noktalarındaki tekillik mukavemetlerini ifade etmektedirler ve aşağıdaki gibi yazılırlar:

$$\alpha = \begin{cases} \phi/\pi & \text{eğer } f_{10}/f_{20} \geq 0 \\ 1-\phi/\pi & \text{eğer } f_{10}/f_{20} < 0 \end{cases} \quad (3a)$$

$$\beta = \begin{cases} -\phi/\pi & \text{eğer } f_{10}/f_{20} \geq 0 \\ \phi/\pi - 1 & \text{eğer } f_{10}/f_{20} < 0 \end{cases} \quad (3a)$$

burada;

$$f_{10} = \frac{\eta(\kappa-1)}{2\mu_0}, \quad f_{20} = \frac{\kappa+1}{2\mu_0}. \quad (4a-b)$$

$$\phi = \arctan|f_{20}/f_{10}| \quad (4c)$$

Arslan (2019) tarafından elde edilen tekil integral denklemi ve denge şartı seri denklemleri formunda aşağıdaki gibi düzenlenebilir:

$$\sum_{n=0}^N A_n F_n(r) = -2/(f_{20}\mu_0), \quad -1 < r < 1. \quad (5a)$$

$$\sum_{n=0}^N A_n R_n = -P/(\mu_0 \tan(\theta)) \quad (5b)$$

Denklemler (5a-b) de görülen $F_n(r)$ ve R_n terimleri ise aşağıdaki gibi ifade edilmiştir:

$$F_n(r) = \frac{f_{10}}{f_{20}}(1-r)^\alpha(1-r)^\beta P_n^{\alpha,\beta}(r) - \frac{L_n(r)}{\pi} + \frac{1}{f_{20}\pi} \int_{-1}^1 H(t,r)(1-t)^\alpha(1-t)^\beta P_n^{(\alpha,\beta)}(t)dt \quad (6a)$$

$$R_n = \int_{-1}^1 (1-r)^\alpha(1+r)^\beta P_n^{\alpha,\beta}(r)e^{\bar{r}r} dr \quad (6b)$$

burada $L_n(r)$ Cauchy integralinin yinelemeli çözümü belirtmektedir. Bu çözümün tanımı ve $H(t,r)$ çekirdeği Arslan (2019) tarafından yapılan çalışmada mevcuttur. Ayrıca denklemler (6a-b) de görülen integraller Gauss-Jacobi kareleme tekniğiyle hesaplanmıştır.

Denklem (2) de verilen temas gerilmesi ifadesinin içinde yer alan A_n sabitleri bir eşdizimlilik metodunun denklem (5a) üzerinde $N+1$ noktada uygulanmasıyla elde edilir. Eşdizimlilik noktaları olarak birinci dereceden Chebyshev polinomunun aşağıda belirtilen kökleri kullanılmıştır:

$$r_i = \cos\left(\frac{\pi(2i-1)}{2N}\right) \quad i=1,\dots,N. \quad (7)$$

Üçgen zımbanın keskin ucunun elastik yüzeye temas ettiği nokta için gerilme şiddeti faktörü temas gerilmesi cinsinden aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$K_I(-1) = \lim_{r \rightarrow -1} (1+r)^\alpha p(r) \quad (8)$$

Denklem (2) de verilen temas gerilmesi denklem (8) de yerine koyulup limit işlemi yapıldığında gerilme şiddeti faktörü aşağıdaki hali alır:

$$K_I(-1) = -2^\alpha \tan(\theta) \mu_0 e^{-\bar{\gamma}} \sum_{n=0}^N A_n P_n^{\alpha, \beta}(-1) \quad (9)$$

Denklem (9) da verilen gerilme şiddeti faktörü çeşitli problem parametreleri kullanılarak aşağıdaki gibi normalize edilir:

$$K_{In}(-1) = \frac{K_I(-1)}{2^\alpha \tan(\theta) \mu_0} = -e^{-\bar{\gamma}} \sum_{n=0}^N A_n P_n^{\alpha, \beta}(-1) \quad (10)$$

Denklem (10) da verilen formülasyonun doğruluğunu ispatlayabilmek adına literatürde mevcut bir formülasyon kullanılmıştır. Kapalı formda elde edilen bu gerilme şiddeti faktörü formülasyonu, üçgen rijit bir zımbayla yüklenen homojen yarı sonsuz bir düzlem için Guler (2000) tarafından aşağıda görülen kapalı formda elde edilmiştir:

$$K_{In}(-1) = \frac{\lim_{r \rightarrow -1} (1+r)^\alpha p(r)}{2^\alpha \tan(\theta) \mu_0} = \frac{4 \sin(\pi \alpha)}{\kappa + 1} \quad (11)$$

Sonuçlar

Bu çalışmada; üçgen rijit zımba baskısına maruz kalan yanal derecelendirilmiş bir katman yüzeyindeki gerilme şiddeti faktörü hesapları düzlem gerinimi varsayımı ile gerçekleştirilmiştir. Mevcut formülasyonun doğruluğunun ispatlanması amacıyla sonuçlar, homojen sonsuz bir düzlem için elde edilmiş olan sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Sonuçlar üretilirken $\nu = 0.3$ kabul edilmiştir. Tablo 1 de; Denklem (11) ile elde edilen sonuçlar, çok

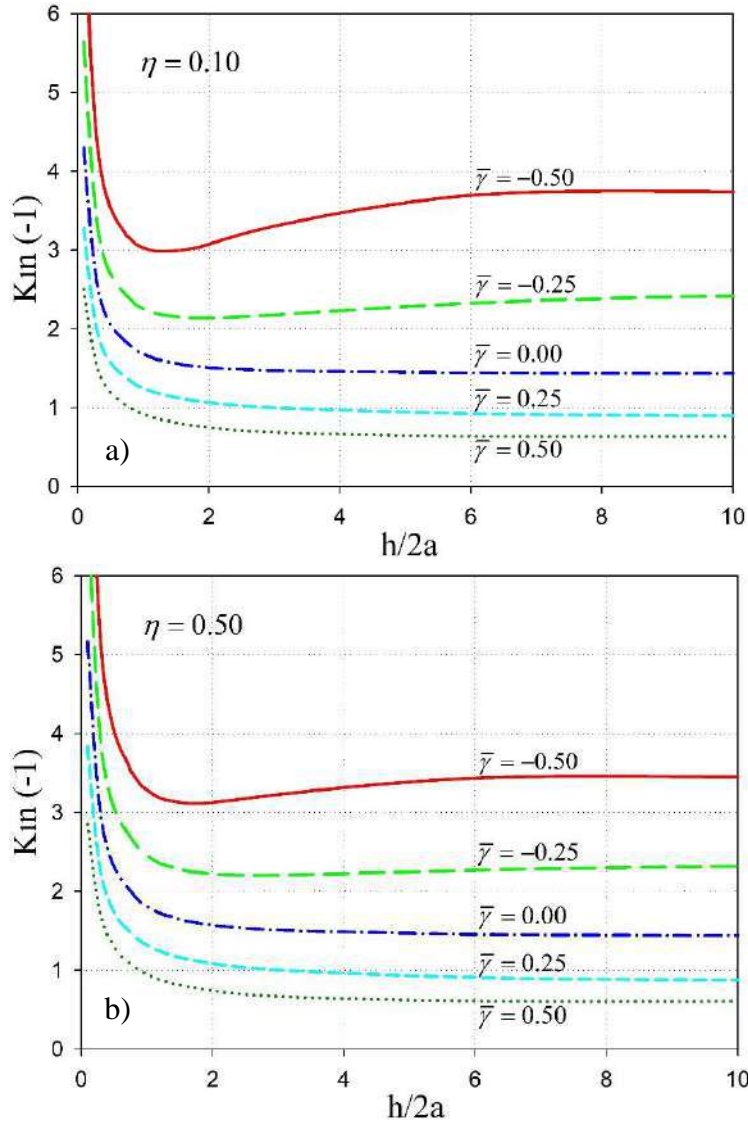
Tablo 1. Normalize gerilme şiddeti faktörü sonuçlarıyla kapalı form formülasyon sonuçların karşılaştırılması, $h/2a = 100$, $\bar{\gamma} = 0.00001$.

	$K_I(-1)/(2^\alpha \tan(\theta) \mu_0)$			
	$\eta = 0.0$	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.3$	$\eta = 0.5$
Mevcut Çalışma	1.4286	1.4284	1.4247	1.4163
Güler (2000)	1.4286	1.4280	1.4234	1.4142
Fark (%)	0.00	0.03	0.09	0.15

küçük heterojenlik sabiti ($\bar{\gamma} = 0.00001$) ve çok büyük göreceli kalınlık ($h/2a = 100$) için Denklem (10) kullanılarak üretilen sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Bu tablo sonuçlarından anlaşıldığı üzere; çeşitli sürtünme katsayıları için iki farklı metot kullanılarak elde edilen sonuçların çok iyi bir doğrulukla uyuşmaktadır. Bu durum mevcut formülasyonun güvenilirliğini ispatlamaktadır. Şekil 2a ve Şekil 2b de normalize gerilme şiddeti faktörü

$K_m(-1)$ in göreceli ortam kalınlığı $h/2a$ ya bağlı değişimi, 2 farklı sürtünme katsayısı η ve 5 farklı heterojenlik katsayısı $\bar{\gamma}$ için grafikler halinde sunulmuştur.

Şekil 2 incelendiğinde; göreceli ortam kalınlığı $h/2a$ nın 0' dan ∞ 'a doğru artırılması durumunda normalize gerilme şiddeti faktörü $K_m(-1)$ in $0 < h/2a < 2$ aralığında çok dik bir düşüşle azaldığı görülmektedir. Bu azalma tüm heterojenlik katsayısı ve sürtünme katsayısı kombinasyonları için gerçekleşmektedir. $h/2a > 2$ bölgesinde ise normalize gerilme şiddeti faktörü $K_m(-1)$ $\bar{\gamma} > -0.25$ için çok az değişim göstererek sabit değerlere yönelirken, $\bar{\gamma} < -0.25$ için bir miktar artış göstererek sabit değerlere yönelirler.



Şekil 2. a) ve b) Çeşitli heterojenlik parametresi ve sürtünme katsayısı değerleri için normalize gerilme şiddeti faktörünün göreceli ortam kalınlığına bağlı değişimi

Göreceli ortam kalınlığı $h/2a$ sonsuza doğru arttırıldıkça sonuçların sabit değerlere yönelerek yarı düzlem problemi sonuçlarına yakınsadığı görülmektedir. Heterojenlik katsayısı $\bar{\gamma}$ - 0.5'den 0.5'e arttırıldığında normalize gerilme şiddeti faktörü $K_m(-1)$ in tüm ortam kalınlığı ve sürtünme katsayısı kombinasyonları için oldukça azaldığı gözlemlenebilmektedir. Sürtünme

katsayısındaki değişim, pozitif r -ekseni boyunca katılaştıran ($\bar{\nu} \geq 0$) malzemelerdeki gerilme şiddeti faktörü davranışını kayda değer ölçüde değiştirmemektedir. Fakat pozitif r -ekseni boyunca katılığı azalan ($\bar{\nu} < 0$) kalın malzemeler ($h/2a \geq 2.0$) için sürtünme katsayısı arttırıldıkça normalize gerilme şiddeti faktörü $K_m(-1)$ in azaldığı görülmektedir.

Tartışmalar

Sonuçların pratik mühendislikteki etkilerinin değerlendirilmesi tasarımcıların doğru yönlendirilmesi açısından önemlidir. Dolayısıyla, elastik ortama pozitif malzeme derecelendirmesi ($\bar{\nu} > 0$) kazandırıldığında tekil temas gerilmesinden kaynaklı yüzey çatlak oluşumu ihtimalinin çok etkili şekilde azaltılabileceği görülmektedir. Öte yandan, malzemeye negatif malzeme derecelendirmesi ($\bar{\nu} < 0$) kazandırıldığında yüzey çatlak oluşumu ihtimali çok artmaktadır. Ayrıca sürtünme katsayısındaki artış yüzey çatlak oluşumu ihtimalini arttırmadığı gibi, $\bar{\nu} < 0$ durumunda bu ihtimali azaltmaktadır. Elastik ortam ince ($0 < h/2a < 2$) iken yüzey çatlak oluşumu ihtimalinin çok yüksek olduğu görülmektedir ve ortam kalınlığı arttırıldıkça çatlak oluşumu ihtimali genel olarak düşmektedir.

Dolayısıyla, keskin köşeli üçgen zımba etkisi altındaki yanal derecelendirilmiş malzemelerin bütünlüğünün-işlevselliğinin korunabilmesi ve servis ömrünün uzatılabilmesi için verilen sonuçlar ve tartışmalar bu tip malzemelerin tasarımında dikkate alınmalıdır.

Kaynakça

- [1] Suresh, S. (2001). Graded materials for resistance to contact deformation and damage. *Science*, **292**, 2447–51.
- [2] Lawn, B. (1998). Indentation of Ceramics with spheres: A Century after Hertz. *Journal of American Ceramic Society*, **81**, 1977-1994.
- [3] Guler, M.A., Erdogan, F. (2004). Contact mechanics of graded coatings. *International Journal of Solids and Structures*, **41**, 3865–3889.
- [4] Chen, P., Chen, S. (2013). Partial slip contact between a rigid punch with an arbitrary tip-shape and an elastic graded solid with a finite thickness. *Mechanics of Materials*, **59**, 24–35.
- [5] Choi, H.J. & Pailino, G.H. (2008). Thermoelastic contact mechanics for a flat punch sliding over a graded coating/substrate system with frictional heat generation. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, **56**, 1673–1692.
- [6] Vasu, T.S. & Bahndakkar, T.K. (2018). Plane strain cylindrical indentation of functionally graded half-plane with exponentially varying shear modulus in the presence of residual surface tension. *International Journal of Mechanical Sciences*, **135**, 158–167.
- [7] Arslan, O. & Dag, S. (2018). Contact mechanics problem between an orthotropic graded coating and a rigid punch of an arbitrary profile. *International Journal of Mechanical Sciences*, **135**, 541–554.
- [8] Cremer, R. & Neuschütz, D. (2001) A combinatorial approach to the optimization of metastable multicomponent hard coatings. *Surface and Coatings Technology*, **146**, 229-236.
- [9] Ganesh, V.K., Ramakrishna, K. & Ghista, D.N. (2005). Biomechanics of bone-fracture fixation by stiffness-graded plates in comparison with stainless-steel plates. *Biomedical Engineering Online*, **4** (46).
- [10] Ramakrishna, K., Sridhar, I., Sivashanker, S., Khong K.S. & Ghista, D.N. (2004). Design of fracture fixation plate for necessary and sufficient bone stress shielding. *JSME International Journal*, **47**, 1086-1094.
- [11] Nejat, Z.N., Jabbari, M. & Gahnnad, M. (2015). Elastic analysis of axially functionally graded rotating thick cylinder with variable thickness under non-uniform arbitrarily

- pressure loading. *International Journal of Mechanical Sciences*, **89**, 86–99.
- [12] Dag, S., Guler, M.A., Yidirim, B. & Ozatag, C. (2009). Sliding frictional contact between a rigid punch and a laterally graded elastic medium. *International Journal of Solids and Structures*, *46*, 4038–4053.
- [13] Dag, S., Guler, M.A., Yidirim, B. & Ozatag, C. (2013). Frictional Hertzian contact between a laterally graded elastic medium and a rigid circular stamp. *Acta Mechanica*, **224**, 1773–1789.
- [14] Chen, P., Chen, S. & Peng, J. (2015). Sliding contact between a cylindrical punch and a graded half-plane with an arbitrary gradient direction, *Journal of Applied Mechanics*, **82** (4).
- [15] Arslan, O. (2019). Solution of the plane contact problem between a finite-thickness laterally graded solid and a rigid stamp of an arbitrary tip-profile, *Archives of Mechanics*, Baskıda (In Press).
- [16] Guler, M.A. (2000). Contact Mechanics of FGM Coatings, *Doktora Tezi*, Lehigh University, Bethlehem NY.

EKLEMELİ İMALAT İÇİN TOPOLOJİ OPTİMİZASYONU ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Fuat Sinan ATEŞ

Gazi Üniversitesi, Endüstriyel Tasarım Mühendisliği

Doç. Dr. İsmail ŞAHİN

Gazi Üniversitesi, Endüstriyel Tasarım Mühendisliği

Dr. Harun GÖKÇE

Savunma Sanayii Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü, Ankara/Türkiye

ÖZET

Endüstriyel gelişmelerle beraber zaman içinde yeni bilimsel yöntemler elde edilmiş, bu yöntemlerle zamandan ve ekonomik açıdan tasarruf sağlanmıştır. Dördüncü endüstri devrimi olarak kabul edilen dönemde adından giderek söz ettirmeye başlayan eklemeli imalat sahip olduğu avantajlarla geleneksel imalat yöntemlerinin yerini alırken, zaman içerisinde yapılan çalışmalarla da geliştirilerek çalışma prensiplerine göre çeşitlendirilmiştir. Eklemeli imalat yöntemlerinin yaygınlaşmasıyla birlikte topoloji optimizasyonu yöntemlerinin uygulanabilirliği ortaya çıkmıştır. Tasarım sürecinde belirlenmiş bazı koşullar göz önüne alınarak istenilen ölçütleri karşılayabilen ideal tasarımları elde edebilmek için farklı topoloji optimizasyon teknikleri geliştirilmiştir. Seçilen yönteme göre optimize edilecek parçaların bilgisayar destekli programlarda belirlenen bazı kısıtlamalar doğrultusunda analiz edilmesiyle uygun dosya formatına getirilmiş model ortaya çıkar ve bu modeli eklemeli imalat yöntemleriyle üretmek mümkündür. Bu çalışmada topoloji optimizasyonunun eklemeli imalat süreçlerinde kullanımı ele alınarak örnek bir uygulama geliştirilmiş ve sonuçlar tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bilgisayar destekli tasarım, topoloji optimizasyonu, eklemeli imalat

ABSTRACT

With the industrial developments, new scientific methods have been obtained in time and these methods have been saved in terms of time and economy. In the period considered to be the fourth industrial revolution, additive manufacturing, which started to make its name gradually, has replaced traditional manufacturing methods with its advantages and has been diversified according to working principles by developing with the studies done over time. With the introduction of additive manufacturing methods, the applicability of topology optimization methods has emerged. Different topology optimization techniques have been developed in order to obtain ideal designs that can meet the desired criteria by considering certain conditions determined during the design process. By analyzing the parts to be optimized according to the selected method in accordance with some constraints determined in computer-aided programs, the model that is converted to the appropriate file format is produced and it is possible to produce this model by additive manufacturing methods. In this study, an exemplary application was developed and the results were discussed by considering the use of topology optimization in additive manufacturing processes.

Keywords: Computer aided design, topological optimization, additive manufacturing

GİRİŞ

İmalat kavramı insanın varoluşuna kadar uzanmaktadır ancak sanayi devrimleri olarak kabul edilen ve 4 aşamada incelenen endüstriyel gelişmeler bu süreci önemli bir şekilde etkilemiştir. Günümüzde bulunan yeni bilimsel yöntemler sayesinde üretimdeki ihtiyaçları karşılamak adına çeşitli inovasyonlar yapılmış ve eski yöntemler de geliştirilerek çağa ayak uydurmasına çalışılmış, böylece en önemli sayılabilecek maddelerden olan zaman ve ekonomik anlamda ciddi tasarruflar sağlanmıştır. Yeni teknolojiler, amaçlanan hedefler doğrultusunda ilerleyebilmek için önemli katkılar sunmaktadır [1, 2].

Yeni imalat teknolojilerinin içinde eklemeli imalat teknolojileri geleneksel imalat teknolojilerine alternatif bir üretim teknolojisi olarak popüler bir çalışma alanı haline gelmiştir. Günümüzde eklemeli imalat kavramı Endüstri 4.0'ın merkez kavramlarından biri olarak kabul edilmektedir. Özellikle havacılık ve otomotiv sektöründe hafif ve dayanıklı parçaların üretimine yönelik olarak yoğun bir kullanım alanına sahiptir [3]. Yeni imalat teknolojilerinde üretilecek parçanın ideal forma ulaşması, tasarımın temel prensiplerinden olan minimum zaman ve minimum malzeme hedefine ulaşmak adına önemlidir. Eklemeli imalatta da önemli bir sorun olan bu hedeflere ulaşmak adına topoloji optimizasyonu uygulamaları yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, öncelikle eklemeli imalat ve topolojik optimizasyon süreçleri tanıtılmış, ardından endüstriyel bir bağlantı parçasının eklemeli imalat teknolojisi avantajlarından yararlanmak için topolojik optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Son olarak, elde edilen farklı optimizasyon sonuçları üzerinde değerlendirmelerde bulunulmuş ve model seçimi gerçekleştirilmiştir. Eklemeli imalat teknolojisinin endüstriyel kullanımının artması ile topoloji optimizasyon uygulamasının yaygınlaşacağı değerlendirilmektedir.

Eklemeli İmalat Teknolojisi

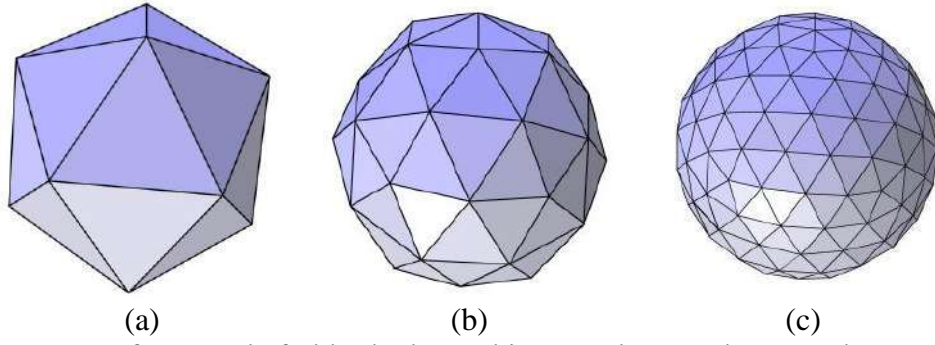
Eklemeli imalat kavramı son dönemlerdeki önemli teknolojik gelişmelerden sayılırken, ilk kez 1970'li yıllarda ortaya çıkmıştır. Literatürde Serbest Şekilli Fabrikasyon (Solid Freeform Fabrication, SFF) ve Katmanlı Üretim (Layered Manufacturing, LM) teknolojileri olarak da adlandırılmaktadır. Kavramın ortaya çıkmasında tasarımların inceleme amaçlı ürün örneklerinin imal edilmesi hedeflenilerek prototipleri oluşturulmak istenmiştir. 1980'li yıllarda ise numune yerine gerçek parça imalatı gündeme getirilmiş, böylece eklemeli imalat yöntemiyle üretilecek parçalarda ham madde kullanımı azaltılırken, parçadan gereksiz malzemenin uzaklaştırılması işlemine de gerek duyulmayışı eklemeli imalatın yalın bir üretim anlayışına sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca üretim adımlarının kısalması ve bunun sonucunda parçanın elde edilmesinde enerji tüketimini düşürmesiyle çevresel açıdan da iyileştirme olarak kabul edilmektedir. [4-9].



Şekil 1. Endüstri 4.0 yapı şeması

3 Boyutlu (3B) yazıcı yada hızlı prototipleme olarak da bilinen eklemeli imalat, 3B Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT) dosyaları kullanılarak, işlenecek her yüzey için geometrik veriler doğrultusunda bir katmanı biriktirerek üretimi düzenlemektedir. Biriktirme işlemi imalat sonlanana dek katman katman devam ederek parça üretimi tamamlanmaktadır. Geleneksel yöntemlerde yer alan presleme ve makinada işlem görme adımlarında sabitleme, kesici bir araç kullanımı ve son ürün elde edilmesi için son ürüne göre daha büyük olan parçadan çıkarılan malzemenin kaybı gibi adımlar yerine bu malzemenin adım adım eklenmesi ile son üründen parça kaldırılmasına gerek kalmayan, verim açısından daha etkili bir yöntem elde edilmiştir. [9-11].

BDT/BDİ ortamında modellenen parça, kapalı yüzeylerle temsil edilirken bir hacminin de olması gerekmektedir. Model geometrik dadasında iç, dış ve sınır çizgilerini ortaya koyacak bilgileri içermelidir. Katı modellemelerde ise bu özelliğe gerek duyulmaz, çünkü kullanılan modelleme programı katı modelle karşılaştığında yazılımı gereği kapalı hacime uygun hale getirmektedir. Kapalı hacim istenmesinin nedeni ise hızlı prototipleme ile katı bir parçanın imalini sağlayabilmektir BDT/BDİ ile modelin oluşturulmasından sonra, bu dosya STL (Stereolithography) formatında kaydedilmektedir. STL 3B tasarlanmış modelin yüzeylerinin matematiksel bir dizi içerisinde çok sayıda üçgene bölünmesiyle yaratılan bu üçgenlerin kendi normal ve üç adet noktasıyla 3B modeli temsil ettiği bir format olarak çalışmaktadır. Kıvrım arttıkça STL'deki üçgen sayısı artar, bu da 3B modelin daha detaylı işlenmesini sağlamaktadır. Ancak bazı hızlı prototipleme yöntemleri IGS/IGES(İlk grafik değişimi belirtimi) formatını da kabul etmektedir. STL formatındaki dosya kullanılacak olan bir bilgisayar programı yardımıyla analiz edilip, bu analiz sonucunda üretime uygun halde kesitler oluşturulmaktadır. Kesitlere, sistemli bir şekilde sıvı veya toz halinde malzeme eklenerek fiziksel olarak üç boyutlu model ortaya çıkarılmaktadır [12].



Şekil 2. STL formatında farklı ölçülere sahip üçgenlere ayrılmış örnek parça [13]

Eklemeli imalat yöntemleri çalışma prensiplerine göre ayrılmaktadır. Yine de parça üretiminde bu yöntemler termal, kimyasal ve mekanik yönlerden benzerlikler taşımaktadır. En yaygın yöntemler:

- Stereolitografi (Stereolithography Apparatus – SLA)
- Eriyik Yığıma ile Modelleme (Fused Deposition Modelling – FDM)
- Seçici Lazer Sinterleme / Seçici Lazer Eritme / Doğrudan Metal Lazer Sinterleme (Selective Laser Sintering – SLS / Selective Laser Melting – SLM / Direct Metal Laser Sintering - DMLS)
- Sıvı Polimerizasyonu (Liquid Polymerization – LP)
- Balistik Parçacık Modelleme (Ballistic Particle Modelling – BPM)
- Yönlendirilmiş Enerji Biriktirme (Directed Energy Deposition – DED / Direct Metal Deposition – DMD - Laser Engineered Net Shaping - LENS)
- Toz Ergitme (Powder Bed Fusion - PBF)
- Bağlayıcı Püskürtme (Binder Jet Printing - BJP)
- Malzeme Püskürtme (Material Jet Printing – MJP)
- Tabakalı Yapıştırma Parça İmalatı (Laminated Object Manufacturing – LOM)

Bu yöntemlerden ilk üçü topoloji optimizasyonu yapılacak parçaların üretimlerinde de sıklıkla tercih edilmektedir.

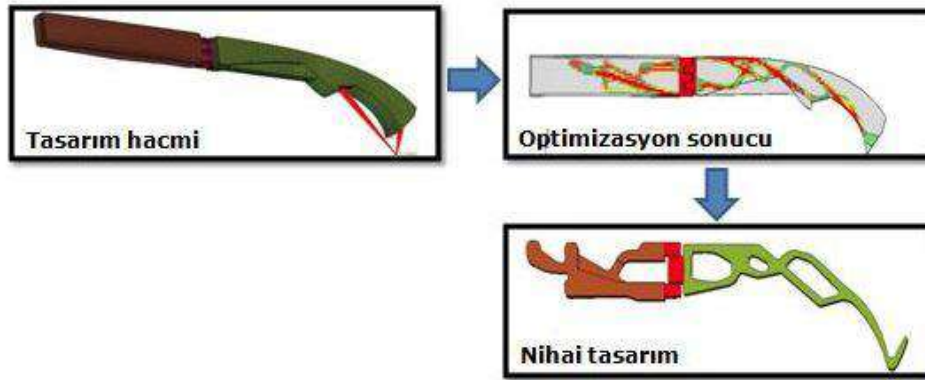
Optimizasyon

Optimizasyon, kaynakların olabilecek en uygun biçimde kullanılması olarak tanımlanabilmektedir [14]. Uygulanan optimizasyonun hedefi, tanımlamalarından da anlaşıldığı gibi, en iyi sonuca, en iyi hedefe ulaşmaktır. Bunun için de var olan durum ya da durumlarla ilgili iyileştirmeler gerçekleştirmektir. Mühendislik bu aşamada devreye girerek optimizasyonun istenilen koşullarda gerçekleşmesi için önemli rol oynamaktadır [15]. Optimizasyonda ele alınacak olan problem hem sürekli değişkenlerin mevcudiyetiyle hem de bileşenlerin seçimiyle tanımlanmaktadır. Optimizasyonu iki tarafıyla inceleyecek olursak bir

tafta tasarım taslakları değerlendirilirken, diğer tarafta ise yeni ve umut vadeden tasarımlar meydana getirilmektedir. Bu da optimizasyonun analiz ve sentezi beraber içerdiğini göstermektedir. Tercih edilecek optimizasyon stratejisine bağlı olarak farklı veya yeni çözümler de elde edilebilmektedir [16]. Ayrıca optimizasyonla, karar verme prosesleri hızlanmakta olup gerçek hayatta karşılaşılan problemlerin etkin ve doğru çözümü için alınacak kararların kalitesini de arttırmaktadır. Bunların yanında sağladığı ekonomik faydalarla da tercih edilen optimizasyon, müşteri, işveren ve çalışanların seçim ve sınırlarının karar sürecinde yer almasında ve kullanılan kaynakların kalitesinin yükseltilmesinde de aktif bir şekilde tercih edilen bir yöntem olarak kullanılmaktadır.

Optimizasyonun aşamaları ise tasarım sürecinde başlamaktadır. İlk olarak sorun gözlemlenip ihtiyaçlar çıkarılmaktadır. İhtiyaçlar çıkarıldıktan sonra bu doğrultuda sistem tasarımı yapılarak denemelerle iyileştirme amaçlanmaktadır. Bu iyileştirmeler ise tüm aşamalarda optimizasyon ile sağlanmaktadır. Sistemin varlığıyla beraber eş zamanlı olarak optimizasyon da her zaman o sistem için tekrar uygulanabilmektedir. Beş maddede optimizasyon aşamaları incelenecek olursa:

- Sistem temelini ortaya çıkarılması
- Tasarımdaki kullanıcı tarafından belirlenecek olan değişkenlerinin tanımlanması
- Hedeflenen fonksiyonun tanımlanması
- Sınırların belirlenmesi
- Sisteme uygulanabilecek optimizasyon metodunun tercihi ve sisteme uygulanması[15]



Şekil 3. Optimizasyonda tasarımın hedeflere göre nihai halini alması [16].

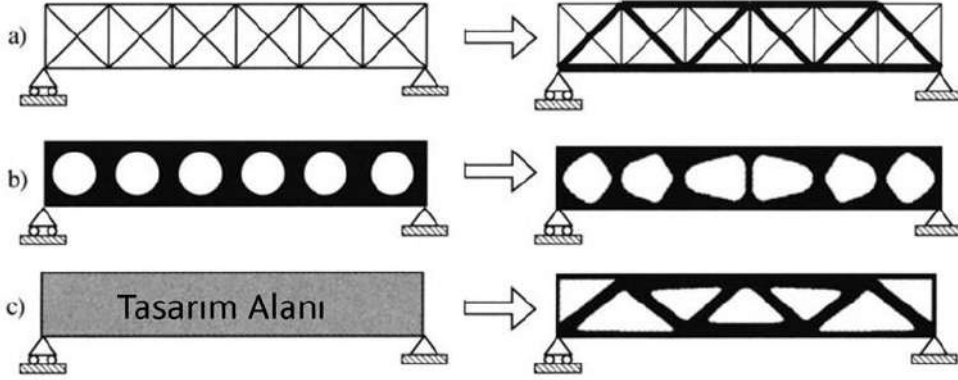
Yapısal Optimizasyon

Yapısal optimizasyonda ise yükleri en iyi şekilde taşıyan malzeme topluluğuna denilmektedir. Amaç verilen tasarım alanına göre en uygun malzeme dağılımını elde etmek olarak ifade edilebilmektedir. Kütle ve yer değiştirmeyi en aza indirmek veya özdeğerleri en üst düzeye çıkarmak gibi yaygın işlevleri bulunmaktadır. Yapısal optimizasyon ile yeni delikler,

boşluklar yapıya eklenebilmektedir [18]. Genel olarak yapısal optimizasyon problemi üç kısma ayrılmaktadır:

- Boyut Optimizasyonu
- Şekil Optimizasyonu
- Topoloji Optimizasyonu

Bu optimizasyonlar, yapısal optimizasyon teknolojisinin asıl bileşenlerinden sayılmaktadır [19].



a) Boyut Optimizasyonu b) Şekil Optimizasyonu c) Topoloji Optimizasyonu
Şekil 4. Kafes modeli illüstrasyonu ve çeşitli yapısal optimizasyon türleri [20]

Yapıdaki elemanların kesitleri tasarım değişkeni olarak kullanıldığı optimizasyon yöntemine boyut optimizasyonu denilmektedir. Optimize edilecek yapının konfigürasyonu önceden tanımlanmış olmalıdır. Sınırlar göz önüne alınarak bir metodoloji seçilip en kesitlerin değerleri değiştirilmektedir. Yapının sınırlarında veya yapıdaki deliklerin geometrisinde değişiklik yapılmasına izin vermemektedir, böylece yapının eleman sayısı ve eleman koordinatları değişmemektedir. Boyut optimizasyonu önceden tanımlanmış olan geometriden en iyi tasarımı çıkarmaya çalışmaktadır.

Şekil optimizasyonu ise yapının yüzey hatlarını ve bu yüzeydeki sınırları, ayrıca bulunan deliklerin geometrilerini değiştirmeye denilmektedir. Tasarımdaki değişkenler yapının temel taşları olan elemanlarda herhangi bir değişiklik yapmazken düğüm noktalarının koordinatlarında yapılan değişikliklerle optimizasyonu sağlamaktadır. Yüzeyler üzerinde ve eğri hatlar üzerinde tanımlanabildiğinden boyut optimizasyonunun kapasitesinin genişletilmiş halidir. Bu tür optimizasyonda tasarım değişkeni olarak düğüm noktaları koordinatları ve eleman kesitleri kullanılır. Bununla birlikte, boyut optimizasyonu gibi konfigürasyonu önceden belirlenmiş yapıları esas almaktadır [21, 22].

Topoloji Optimizasyonu

Topoloji kelimesi ise geometrik cisimlerin nitel özelliklerini ve bağıl konumlarını, biçimlerinden ve büyüklüklerinden ayrı olarak ele alıp inceleyen geometri dalı olarak bilinmektedir [23]. Topoloji optimizasyonu ile ilgili ilk makale Avusturyalı mucit Mitchell'in 1904 yılında kirişlerin en az ağırlık düzeni için optimallik ölçütlerini türetmesiyle ilgili çalışması olarak bilinmektedir [24]. Tasarlanan hacmin kısıtlamalarına maruz kalmış en aza indirgenmiş bir uyumluluk amaç fonksiyonunu optimize etmektedir. Malzemelerin dağılımı, katı veya boş olduğu öngörülen tasarım alanı ile sınırlandırılmaktadır [25].

Topoloji optimizasyonu için ilk önce gereksinimlerin analizi yapılmalıdır. Ürün tasarımcısı, kullanıcıların gereksinimleri göz önünde bulundurularak, parçadaki fonksiyonel yüzeyler ve parçaya uygulanacak olan yük sistemlerini belirlemektedir. Sonra tasarım alanı tanımlama ile tasarım alanında malzemenin dağılımı en aza indirilmeye çalışılmaktadır, ancak tasarlanan ürünün mekanik özellikleri yani sertliği de dikkate alınarak işlem yapılması gerekmektedir. Bu işlemden sonra tasarımcı tarafından belirlenen tasarım alanı ve tasarım dışı alanından, optimizasyon için tanımlanan tasarım alanını ayırtmak için bir tür eleman seçilmektedir. Hemen ardından tasarım alanındaki malzemenin optimal dağılımını bulmak için bir topoloji optimizasyonu algoritması kullanılmaktadır. Bu algoritmanın sonuçlarına göre yeniden tasarlama gerçekleştirilir. Bilgisayar destekli tasarımda dışa aktarılan topoloji optimizasyon sonucu, sonlu elemanlar metodundaki ayırıklaştırma işlemi nedeniyle kullanılamamaktadır. BDT yazılımında yeni ürün modelini yeniden tasarlamak veya yeniden çizmek gerekmektedir. En son olarak ise doğrulama yapılmaktadır. BDT'ye oluşturulan yeni ürün modelinin ihtiyaçları karşılayıp karşılamadığı yeniden hesaplanmaktadır [26, 27].

Sürekli yapıların topoloji optimizasyonu için önerilen yaklaşımlara, daha sezgisel olan ve az matematiksel işlem içeren ESO/BESO yöntemleri örnek verilebilirken matematik temelli yöntemlere ise Homojenizasyon Yöntemi, Seviye Ayarlama Yöntemi ve SIMP örnek olarak gösterilebilmektedir.

Yoğunluğa dayalı bir topoloji optimizasyon probleminin temel matematiksel ifadesi, bir hedef fonksiyon, bir dizi kısıtlama ve fiziksel sistemin ayrık bir gösterimini içermektedir. Doğrusal statik sonlu elemanlar analizine dayanan genel bir formülasyon aşağıdaki gibi ifade edilebilmektedir:

$$\begin{aligned} \text{Minimize} & : f(\boldsymbol{\rho}, \mathbf{U}) \\ \text{Kısıtlar} & : \mathbf{K}(\boldsymbol{\rho})\mathbf{U} = \mathbf{F}(\boldsymbol{\rho}), \mathbf{g}_i(\boldsymbol{\rho}, \mathbf{U}) \leq 0, 0 \leq \boldsymbol{\rho} \leq 1 \end{aligned}$$

Yukarıdaki eşitsizlikte f ; hedef fonksiyonu, $\boldsymbol{\rho}$; tasarım değişkenlerinin yoğunluk vektörü, \mathbf{U} ; yer değiştirme vektörü, \mathbf{K} ; evrensel sertlik matrisi, \mathbf{F} ; kuvvet vektörü ve \mathbf{g}_i ise sınırlamalar olarak gösterilmektedir. Sertlik matrisi \mathbf{K} ve bazı durumlarda \mathbf{F} yük vektörünün, eleman

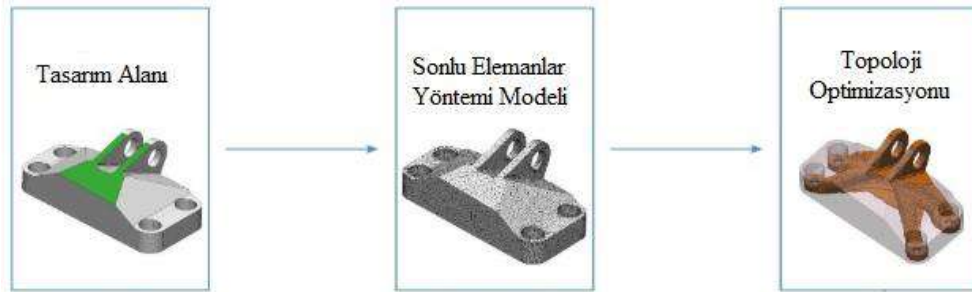
seviyesindeki yoğunluk tasarım değişkenlerine bağlı olduğu gözlemlenebilmektedir. Bu genelleştirilmiş açıklamada uyumluluk, stres, sıklık, yer değiştirme ve özdeğer problemleri, akışkan akışı ve doğrusal olmayan sistemler gibi çeşitli problemler hedefler ve kısıtlamalar göz önünde bulundurularak formüle edilebilmektedir. Yoğunluk bazlı topoloji optimizasyonunda tasarım değişkenlerinin dağınık fonksiyonu, her sonlu elemanın malzeme yoğunluğu (ρ_e) olarak ifade edilmektedir. Yoğunluk değerleri aralığı:

$$0 \leq \rho_e \leq 1 \text{ ya da; } 0 < \rho_{\min} \leq \rho_e \leq 1$$

olduğunda, 0'ın boş bir elemanı, 1'in ise katı bir elemanı temsil ettiği söylenmektedir ve ρ_{\min} yoğunluk sıfır alındığında ortaya çıkacak zorlukları önlemek için bazı formülasyonlarda kullanılan minimum yoğunluk değeri olarak ifade edilmektedir [28].

BRAKET OPTİMİZASYONU ÇALIŞMASI

Yapısal optimizasyonda prosedür; önceden tanımlanmış sınır koşullarına ve çeşitli kısıtlara bağlı kalarak verilen bir tasarım topolojisi ile başlamaktadır. Yapılacak değişikliklerle elde edilecek olan yeni malzeme dağılımı ve sınırların şeklinin değiştirilmesi optimum tasarıma ulaşmak için uygulanmaktadır. Bu çalışmada, braket, eklemeli imalat teknolojileri baz alınarak yoğunluk temelli topoloji optimizasyonu ile incelenmiştir. Braketler gerek havacılıkta gerekse de mekanik sistemlerde taşıyıcı ve yataklama elemanı olarak kritik rol oynarlar.



Şekil 5. Topoloji optimizasyonu uygulanacak bir braketin iyileştirme süreci

Tasarım alanı tanımlamayla braketin malzeme dağılımı kısıtlamalar da göz önünde bulundurularak en aza indirilmeye çalışılacaktır, ancak bu esnada mekanik özellikleri dikkate alınarak iyileştirmenin yapılması gerekmektedir. Sonrasında sonlu elemanlar yöntemi ile tasarım alanı düğüm noktaları ve bu düğümlerin oluşturduğu küçük ve eşit elemanlara bölünmüştür. Buna çözüm ağı da denilebilir. Bu elemanlar ile braketin optimal dağılımını bulmak için bir topoloji optimizasyonu algoritması kullanılacaktır.

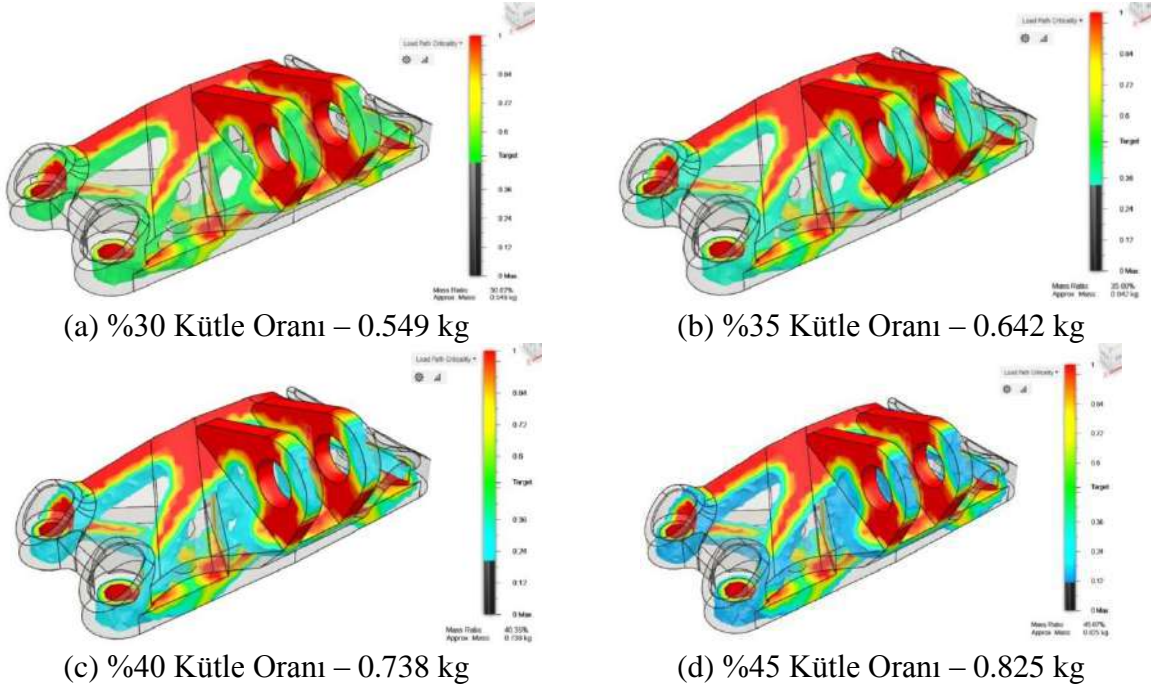
Bu çalışmada optimizasyon için Autodesk Fusion 360 yazılımı tercih edilmiş olup, öncelikle parça üzerinde tasarım alanı dışında kalan, iyileştirme uygulanmayacak alanlar tespit

edilmiştir. Bu işlemin adımından sonra braketin üzerine gelen burkulma momentleri ve sabitleme bölgeleri belirlenmiştir. Braketteki civata bağlantılarının bulunduğu 4 bölge, her yönden sınırlandırılmıştır. Motor tarafından oluşturulan burkulma momentleri için 750Nm delik ekseninde yük uygulanmıştır.



Şekil 6. Optimizasyon için sınır koşulları belirlenmiş braket tasarımı ve çözüm ağı

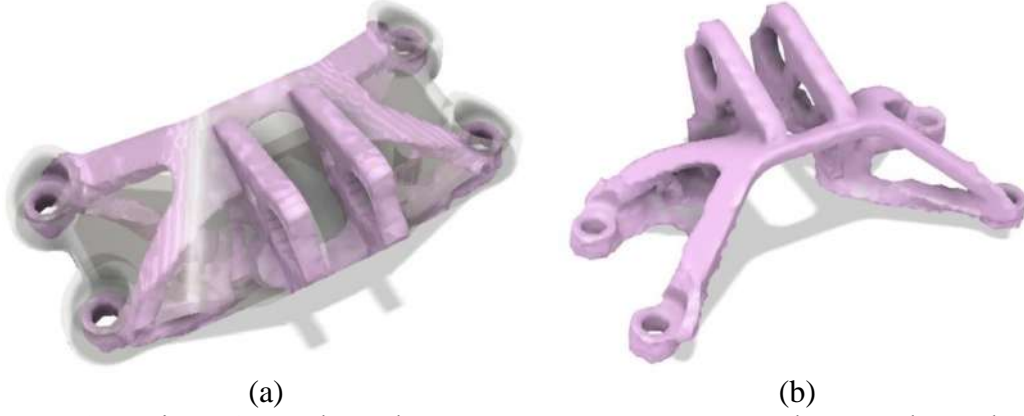
Sonlu elemanlar yöntemi ile parça üzerinde çözüm ağı oluşturulur. Ağ sınırı değeri 1mm olarak alınmıştır (Şekil 6). Yapılan işlemlerin ardından braket üzerindeki sınırlar tanımlanıp ve kuvvetin uygulanmasıyla beraber braket yüzeylere ayrılarak optimizasyon işlemi uygulanmıştır. Yazılım üzerinde farklı oranlarda uygulanan iyileştirmeler sonucunda elde edilen modeller Şekil 8’de verilmiştir.



Şekil 7. 4 farklı oranla topolojik optimizasyon uygulanmış braket modelleri

Fusion 360 yazılımıyla elde edilen analiz sonuçlarıyla von Mises gerilmeleri ve yer değiştirme verileri değerlendirilmiştir. 4 farklı braket içindeki en optimum ağırlık değeri Şekil

8.'de a modelinden elde edilirken (0.549), bu braket için yapısal açıdan en dayanıksız olduğu söylenebilmektedir. Analiz tekrar edilip, topolojik olarak elde edilen geometriler incelenerek ihtiyaçlar doğrultusunda ihtiyaçlara göre uygun model seçilmelidir.



Şekil 8. Fusion 360 yazılımında topoloji optimizasyonu uygulanmasıyla ağırlığı eniyileştirilen braketin son hali

SONUÇLAR

Topoloji optimizasyon yöntemi, rijitliği maksimum yapan tasarım uzayındaki katı ve boşluk bölgelerin konfigürasyonunu araştırmaktadır, yani tasarım alanında en uygun malzeme dağılımını bilgisayar destekli programlarla inceleyerek elde etmeyi hedeflemektedir. Alışılmış imalat yöntemlerindeki yetersizliklerden dolayı topoloji optimizasyonu istenilen derecede gelişmemiş, günümüzde ise katmanlı imalat kavramının endüstri 4.0'ın temel taşlarından sayılmasıyla üretimi önemli derecede etkilemiş böylece optimizasyon kavramını da ön plana çıkarmıştır. Bu çalışmada da motor braketinin, bazı sınırlandırmalar göz önüne alınarak gereksinimler doğrultusunda alan ve ağırlık eniyileştirmesi çalışılmış, eklemeli imalat yöntemlerinin de uygulanabilirliğini göz önünde bulundurarak topolojik optimizasyonu yapılmıştır. Ayrıca çalışmada ağırlığın azaltılması, geleneksel imalatla üretilemeyecek karmaşık geometrilerin oluşturulması ve üretilmesi gibi ihtiyaçların karşılanmasında topoloji optimizasyonu yönteminin tercih edilebileceğinden bahsedilmiştir.

KAYNAKÇA

1. İnternet: URL: <http://www.alomaliye.com/2017/05/29/sanayi-devrimlerinin-sureci-4-sanayi-devrimi/>
2. İnternet: URL: <https://www.endustri40.com/endustri-tarihine-kisa-bir-yolculuk/>
3. İnternet: URL: https://www.stm.com.tr/documents/file/Pdf/1.katmanli_imalat_teknolojileri_raporu.pdf
4. Wieneke-Toutaoui, B. M., & Gerber, H. W. (2003, January). Rapid Prototyping Technology-New potentials for offshore and abyssal engineering. In The Thirteenth International Offshore and Polar Engineering Conference. International Society of Offshore and Polar Engineers.

5. Vandenbroucke, B., & Kruth, J. P. (2007). Selective laser melting of biocompatible metals for rapid manufacturing of medical parts. *Rapid Prototyping Journal*, 13(4), 196-203
6. Shellabear, M., Lenz J., V. Junior. (2004). E-manufacturing with laser sintering—to series production and beyond, in: *Proceedings of the Fourth Laser Assisted Net Shape Engineering, LANE*, vol. 1, September, Erlangen, Germany, pp. 435–444.
7. Alcisto J., Enriquez A., Garcia H., Hinkson S., Steelman T., Silverman E., Valdovino P., Gigerenzer H., Foyos J., Ogren J., Dorey J., Karg K., McDonald T. and Es-Said O.S. (2011). Tensile properties and microstructures of laser-formed Ti-6Al-4V. *Journal of materials engineering and performance*, 20(2), 203-212.
8. TOP, N., ŞAHİN, İ., & GÖKÇE, H. TOPOLOGY OPTIMIZATION FOR FURNITURE CONNECTION PART AND PRODUCTION WITH 3D PRINTER TECHNOLOGY.
9. Huang, S. H., Liu, P., Mokasdar, A., & Hou, L. (2013). Additive manufacturing and its societal impact: a literature review. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 67(5-8), 1191-1203
10. Top, N., Şahin, İ., & Gökçe, H. (2018). 3B Yazıcı Teknolojisi için Topoloji Optimizasyonu: Otomotivde Salıncak Kolu Üzerine bir Çalışma. In *Third International Symposium on Industrial Design & Engineering (ISIDE)*.
11. Şahin, İ., Şahin, T., & Gökçe, H. (2017). Hasarlı Dişlilerin Tersine Mühendislik Yaklaşımıyla Yeniden Oluşturulması. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(2), 485-495.
12. Chua, C. K., Leong, K. F., & Lim, C. S. (1999). *Rapid Prototyping: Principles and Applications*, 2nd Edition, by World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., p.12 Cross, N. *Design Research: A Disciplined Conversation, Design Issues*, Vol. 15, No. 2, 5-10.
13. İnternet: URL: http://lnx.robotfactory.it/wp-content/uploads/2014/06/mesh_stl.jpg
14. Bunday, B. (1984). *Basic Optimization Methods*, Edward Arnold. Bedford square, London, UK.
15. İnternet URL: <https://www.ceyrekmuhendis.com/optimizasyon-nedir/>
16. Uzun, H. İ. Y. (2006) *Optimizasyon Tekniklerinde Kullanılan Optimizasyon Tekniklerinin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
17. İnternet: URL: http://test.teknolojim.com/web_18065_1/entitilfocus2.aspx?primary_id=3849&target=categorical1&type=783&detail=single
18. Klarbring, A., & Christensen, P. W. (2009). *An Introduction to Structural Optimization. Solid Mechanics and its Applications*. Berlin: Springer Science + Business Media B.V.
19. Zhou, M., Pagaldi, N., Thomas, H.L., Shyy, Y.K., “An integrated approach to topology, sizing, and shape optimization” *Structural and Multidisciplinary Optimization* 26(5) 308–317, 2004

20. Bendsøe, M. P., & Sigmund, O. (2003). Topology optimization : theory, methods, and applications. Berlin ; New York: Springer.
21. Poyraz, Mehmet (2004). Bir Kamyon Şasisinin Yapısal Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
22. Sevim, O. (2013). Optimum Design Of Three-Dimensional Steel Structures Usingartificial Bee Colony Algorithm (Yapay Arı Koloni Algoritması Kullanılarak 3 Boyutlu Çelik Yapıların Optimum Tasarımı), Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray
23. İnternet: URL: https://www.google.com/search?safe=off&rlz=1C1RLNS_trTR822TR822&sxsrf=ACYBGNTbBQTaXTHoZ1hY_vHfVvk20-NNc2g:1571992037219&q=S%C3%B6zl%C3%BCk&stick=H4sIAAAAAAAAAAONQesSoyi3w8sc9YSmZSWtOXmMU4-LzL0jNc8lMLsnMz0ssqrRiUWIqKeJZxMoRfHhbVc7hPdkAwPF7hzUAAAA&zx=1571992136387#dobs=topoloji
24. Rozvany, G. I. (2009). A critical review of established methods of structural topology optimization. Structural and multidisciplinary optimization, 37(3), 217-237.
25. M. P. Bendsoe, and O. Sigmund, Topological Optimization, Theory, Methods and Application, : Springer Verlag, Berlin, 2004.
26. Nguyen, D. S., and Frédéric V. "Topology Optimization as an Innovative Design Method for Additive Manufacturing." 2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM). IEEE, 2017. (pp. 304-308)
27. Top, N., Gökçe, H., & Şahin, İ. (2019). Eklemeli İmalat İçin Topoloji Optimizasyonu: El Freni Mekanizması Uygulaması.
28. Deaton, J. D., & Grandhi, R. V. (2014). A survey of structural and multidisciplinary continuum topology optimization: post 2000. Structural and Multidisciplinary Optimization, 49(1), 1-38.

SLM TEKNİĞİ İLE ÜRETİLEN Ti-6Al-4V ALAŞIMININ AŞINMA ÖZELLİKLERİ

WEAR PROPERTIES OF Ti6Al4V ALLOY PRODUCED BY SLM TECHNIQUE

Ataberk TOPCU

Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Benjamin MEIER

Joanneum Research

Onur MURATAL

Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

DDr. Lackner M. JUERGEN

Joanneum Research

Doç. Dr. Rıdvan YAMANOĞLU

Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

ÖZET

Titanyum esaslı malzemelerin katmanlı imalat teknikleri ile üretimi son yıllarda oldukça fazla dikkat çekmektedir. Bu çalışmada Ti6Al4V alaşımı seçici lazer ergitme tekniği ile üretilmiştir. Katmanlı imalat için üretim parametreleri; lazer çapı 100 µm, lazer gücü 180 W, tarama hızı 6 m/s, katman kalınlığı 30 µm ve toz yatak sıcaklığı 35°C olacak şekilde seçilmiştir. Oksitlenmenin önlenmesi amacı ile tüm üretim prosesi argon atmosferi altında gerçekleştirilmiştir. Numuneler metalografik olarak hazırlanmış ve dağlanmış konumda mikroyapıları elektron mikroskobu ile karakterize edilmiştir. Ardından numunelere oda sıcaklığında kuru sürtünme aşınma testleri uygulanmıştır. Aşınma testleri 20 N yük altında, 150 rpm devir sayısında 250 m olacak şekilde seçilmiştir. Elde edilen sonuçlar farklı yöntemlerle üretilen aynı alaşımın özellikleriyle karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ti6Al4V, Katmanlı İmalat, SLE, Aşınma

ABSTRACT

The production of titanium based materials by additive manufacturing techniques has attracted much attention in recent years. In this study, Ti6Al4V alloy were produced by selective laser melting technique. Production parameters for additive manufacturing; diameter of laser 100 µm, laser power of 180 W, scan speed of 6 m/s, layer thickness of 0.03 mm and powder bed temperature was selected to be 35°C. Wear tests parameters are selected as 20N weight, 150 rpm speed and 250 meters of sliding distance. The all production process was conducted under argon atmosphere to prevent oxidation. Samples were prepared metallographically and dry sliding wear tests were performed at room temperature. The obtained results were compared with the properties of the same alloy produced by different methods.

Keywords: Ti6Al4V, Additive manufacturing, SLM, Wear

1. GİRİŞ

Eklemeli (katmanlı) imalat metal, plastik, kompozit ve organik malzemelerin üç boyutlu geometrik verilerden yola çıkarak hammaddenin katman katman biriktirilmesi prensibine dayalı bir üretim yöntemidir (Oliveira vd. 2020). Bu yöntem geliştirildiği ilk yıllarda daha çok prototip üretimini hedeflediğinden genel bir yaklaşım ile hızlı prototipleme şeklinde adlandırılmaktaydı. Günümüze gelene kadar oldukça fazla bir gelişme kaydedilmesi ile farklı türde yeni eklemeli imalat teknikleri ortaya çıkmıştır (Başçı vd. 2019, Sürmen, 2019). Gelişen yeni eklemeli imalat teknikleri metallere bu teknikler ile üretilebilirliğini kanıtlamış, her geçen gün yeni bir malzeme ve yeni bir uygulama alanının geliştirilmesine yönelik talepler heyecan uyandırmıştır. (Özsolak 2019). Metallerin katmanlı imalat ile üretiminde hammadde

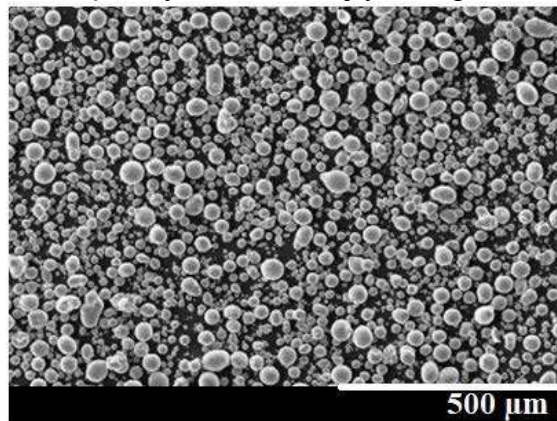
olarak toz, tel ve sac şeklinde malzemeler kullanılmaktadır. Bu formlar arasında tel ve sac şeklindeki malzemeler kullanım aşamasında zaman kazandırarak avantaj sağlasa da işlem sonunda ortaya çıkan geometrik ve metalurjik problemlerden dolayı toz malzemeler çok daha fazla yaygınlaşmıştır (Poyraz vd. 2018).

Toz kullanılarak parça üretimi gerçekleştirilen katmanlı imalat tekniklerinin en yaygın olanlarından birisi seçici lazer ergitme (SLM, Selective Laser Melting) tekniğidir (Wei vd. 2020). Bu çalışmada da bu yöntem ile numuneler üretilmiştir. Bu proseste inşa platformu üzerine serilen metal tozları, aynalar tarafından yönlendirilmiş lazer ışını ile istenilen geometriye uygun şekilde taranır. Bu lazer ışını kullanılan tozu ergitecek kadar enerjiye sahiptir ve bu toza istenilen şekli verir. İlk katman bittikten sonra kullanılan toz, tekrardan merdaneler/sericiler yardımı ile ergitmenin gerçekleştiği alana doğru itilir ve işlemin tekrarı beklenir. Bu sayede proses bittiği takdirde nihai üç boyutlu nesne elde edilmiş olur (Frazier 2014)

Titanyum alaşımlarının katmanlı imalat teknikleri ile üretimi de son yıllarda oldukça fazla dikkat çeker hale gelmiştir. Titanyum ve alaşımları sahip oldukları düşük yoğunluk, üstün korozyon direnci, yüksek dayanım ve biyouyumluluk özellikleri nedeniyle birçok endüstriyel uygulamada kullanılmaktadır. Geleneksel titanyum üretim süreçleri maliyetli olduğundan katmanlı imalat gelecekte titanyum esaslı malzemeler için öncül üretim tekniklerinden birisi olacaktır. Titanyum ve alaşımları yukarıda bahsedilen birçok olumlu avantajına rağmen, endüstriyel uygulamalarda kullanımlarını kısıtlayan en önemli unsur zayıf aşınma özellikleridir. Bu çalışmada da titanyum alaşımları içinden en yaygın kullanım alanı bulan Ti6Al4V alaşımı yine en yaygın bir şekilde kullanım alanı bulan katmanlı imalat tekniklerinden seçici lazer ergitme tekniği ile üretilmiş ve aşınma özellikleri incelenmiştir. Üretilen numunenin özellikleri karşılaştırma amaçlı olarak aynı alaşımın farklı teknikler ile üretilmiş formları ile karşılaştırılarak sonuçlar sunulmuştur.

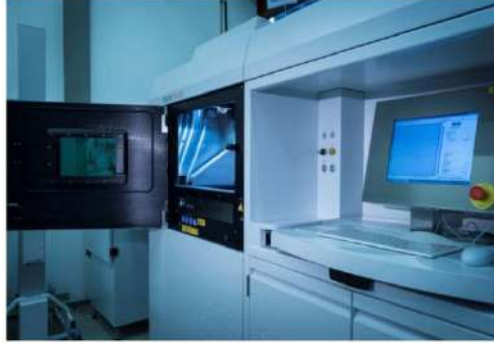
2. MALZEME VE METOD

Çalışma kapsamında kullanılan Ti6Al4V alaşım tozlarının taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile çekilen görüntüsü Şekil 1’de verilmiştir. Tozların boyutları D_{10} :21.79, D_{50} : 33.77 ve D_{90} : 44.65 μm olarak ölçülmüştür. Seçici lazer ergitme tekniğinde tozlar katman katman serildiği için bu tarz bir küresel şekle yakın morfolojiye sahip olmaları önem arz etmektedir.



Şekil 1. Çalışma kapsamında kullanılan Ti6Al4V alaşım tozlarının SEM görüntüsü
Ti6Al4V alaşımının üretimi seçici lazer ergitme tekniği ile gerçekleştirilmiştir. Üretimler EOS M280 3D Metal Yazıcı ile gerçekleştirilmiştir. Şekil 2’de üretimlerde kullanılan cihazın görüntüsü verilmiştir. Üretimde nihai parça boyutları 20 mm çap ve 5 mm yükseklik olacak şekilde ayarlanmıştır. Numunelerin üretimi 100 μm lazer çapı, 180 W lazer gücü, 6 m/s tarama hızı, toz yatak sıcaklığı 35°C ve katman kalınlığı 30 μm olacak şekilde

gerçekleştirilmiştir. Tüm üretim işlemleri oksitlenmenin önlenmesi amacı ile koruyucu argon gazı atmosferi altında yapılmıştır. Ayrıca kullanılan tozun %30'luk miktarı yeni eklenmiş ve geri kalanı tekrar kullanımlı tozlardan seçilmiştir.

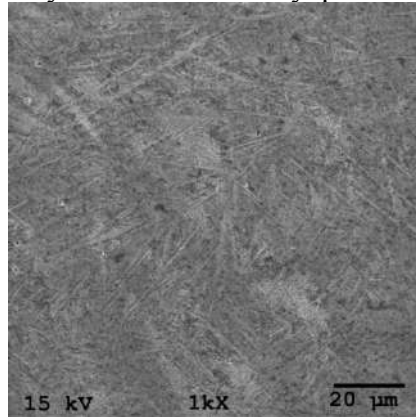


Şekil 2. Çalışmada kullanılan EOS 280M 3D yazıcı (Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH, Avusturya)

Elde edilen numunelerin nihai yoğunlukları Arşimed prensibi ile belirlenmiştir. Yoğunluk ölçümlerinin ardından numuneler standart metalografik yöntemler ile hazırlanmıştır. Üretilen numunelerin mekanik özelliklerinin belirlenmesi için sertlik ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Verilen her sertlik değeri, ölçülen 10 değerın ortalaması alınarak verilmiştir. Sertlik ölçümlerinin ardından numunelerin aşınma testleri ASTM G99-95 standartlarına uygun olacak şekilde TURKYUS (POD/HT/WT) marka ball-on-disc tipi aşınma cihazı kullanılarak yapılmıştır. Aşınma testleri 250 metre kayma mesafesi boyunca 150 rpm devir sayısında 20 N yük altında gerçekleştirilmiştir. Karşıt yüzey olarak 100Cr6 (çap 6 mm) bilyalar kullanılmıştır. Numuneler aşınma testi öncesi ve sonrası tartılmış ağırlık kaybı üzerinden aşınma oranları hesaplanmıştır (Yamanoğlu vd. 2018)

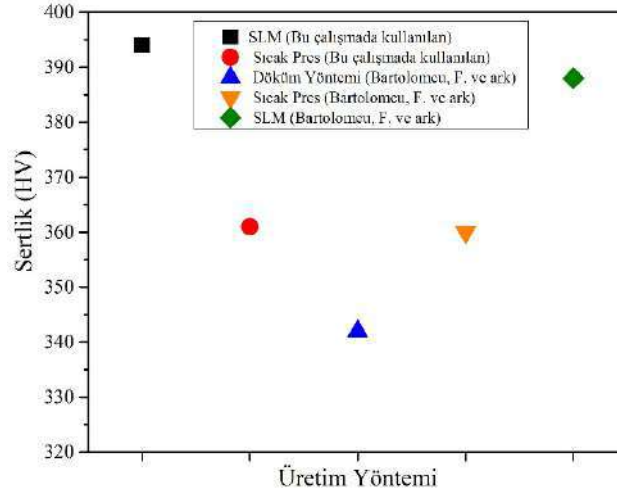
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Ti6Al4V alaşım tozları SLM tekniği ile yoğunlaştırıldıktan sonra ölçülen yoğunluğu 4,36 g/cm³ (yaklaşık olarak %98) olarak belirlenmiştir. Yoğunluk ölçümlerinin ardından numuneler parlatılıp dağlanmış ve taramalı elektron mikroskobu ile görüntülenmiştir. Şekil 3'te SLM tekniği ile üretilen dağlanmış konumda Ti6Al4V alaşımının mikroyapı görüntüsü verilmiştir. Mikroyapı görüntüsünden görüldüğü gibi tozların lazer ile ergitilmesinin ardından hızlı soğuma karakteristiği nedeniyle martenzitik bir yapı elde edilmiştir.



Şekil 3. SLM ile üretilen Ti6Al4V alaşımının SEM görüntüsü

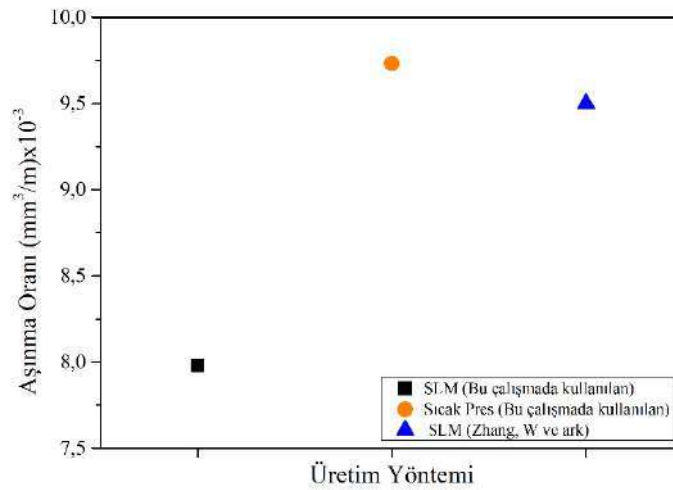
Mikroyapı incelemesinin ardından elde edilen numunelerin sertlikleri belirlenmiş ve farklı üretim teknikleri ile üretilen aynı alaşıma ait sertlik değerleri ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Elde edilen sertlik sonuçları Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 4. SLM tekniği ile üretilen Ti6Al4V alaşımının farklı teknikler ile üretilen aynı alaşımın sertlikleri ile karşılaştırılması

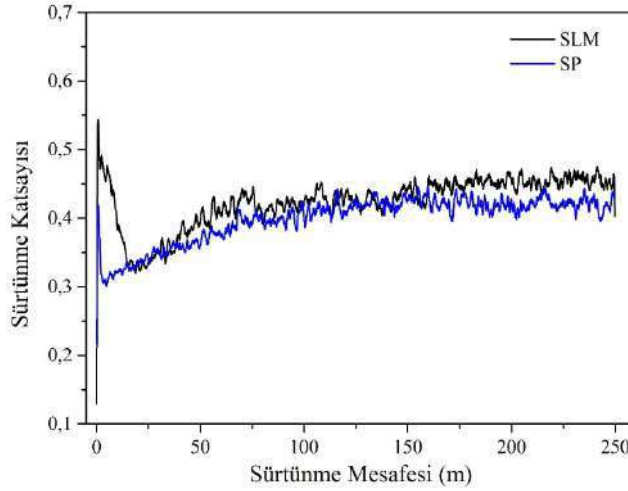
SLM tekniği ile üretilen numunelerin ortalama sertliği 395 HV ölçülmüştür. Elde edilen bu sertlik değeri mikroyapısal karakteristik üzerinden martenzitik yapı ile de uyum göstermektedir. Farklı üretim teknikleri ile üretilen Ti6Al4V alaşıma ait sertlik sonuçları yöntemlerin sunduğu soğuma hızı ve faz dönüşümleri nedeniyle farklılıklar göstermektedir. Ancak farklı araştırmacılar tarafından aynı teknikle yapılan üretimler neticesinden bulunan sertlik değerleri ile karşılaştırıldığında benzer sonuçlar ile karşılaşmıştır. Bartolomeu ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada Ti6Al4V alaşımını 3 farklı teknikle üreterek aynı alaşıma ait farklı sertlik değerlerini ortaya koymuşlardır. Elde ettikleri döküm numunelerinde 342 HV, sıcak pres numunelerinde 360 HV ve son olarak SLM tekniği ile üretilen numunelerde 388 HV sertlik değerleri elde etmişlerdir (Bartolomeu vd. 2017).

Ti6Al4V alaşımının tribolojik özellikleri kuru sürtünme aşınma testleri ile belirlenmiştir. Sertlik test sonuçlarına benzer şekilde aşınma test sonuçları da farklı teknikler ile karşılaştırmalı olarak Şekil 5'te verilmiştir. Sertlik değerlerinde olduğu gibi aşınma oranlarında da farklı SLM çalışmaları ile uyumlu sonuçlar elde edilmiştir. Yine toz metalürjik bir proses olan yüksek yoğunluk değerleri sunan sıcak pres ile karşılaştırıldığında SLM tekniği ile üretilen Ti6Al4V alaşımı daha düşük aşınma oranı sergilemiştir. Düşük aşınma oranı da martenzitik mikroyapının ve dolayısıyla yüksek sertliğin bir neticesi olarak ortaya konmuştur.



Şekil 5. SLM ve sıcak pres teknikleri ile üretilen Ti6Al4V alaşımının aşınma oranları
Aşınma testi sonrası elde edilen bir diğer önemli veri ise sürtünme katsayısıdır. Titanyum ve alaşımları büyük ölçüde geleneksel yöntemler ile üretildiğinde ortalama 0,4-0,5 sürtünme

katsayısı değerlerine sahip olurlar. Çalışmamızda da sürtünme katsayısı yaklaşık olarak 0,45 olarak belirlenmiştir. Ti6Al4V alaşımı tozları ile ürettiğimiz fakat üretim yöntemi olarak sıcak pres kullanıldığında elde edilen sürtünme katsayısı değerleri de karşılaştırma amacı ile Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. SLM ve sıcak pres teknikleri ile üretilen numunelerin sürtünme katsayıları

SONUÇLAR VE İRDELEME

Katmanlı imalat teknikleri önümüzdeki yıllarda endüstriyel uygulamalarda geleneksel üretim yöntemlerine göre büyük ölçüde tercih edilme potansiyeline sahip gözükmektedirler. Dolayısıyla bu alanda yapılacak çalışmalar ülkemizin de bu süreç içerisinde yer alması açısından önem arz etmektedir. Bu çalışmada bu amaç doğrultusunda kurgulanmıştır. Katmanlı imalat tekniklerinden birisi olan seçici lazer ergitme tekniği ile bu yöntemlerle gelecek yıllarda seri üretim olarak büyük ölçüde üretilmesi hedeflenen Ti6Al4V alaşımının üretimi gerçekleştirilmiştir. Titanyum ve alaşımlarının birçok avantajlı özelliğinin yanında endüstriyel uygulamalarda kullanımlarını sınırlayan zayıf aşınma özellikleri nedeniyle, SLM tekniği ile üretilen numunelere aşınma testleri uygulanmıştır. Aşınma testlerinin yorumlanması amacıyla numunelerin sertlik ve mikroyapı incelemeleri de yapılmıştır. Sonuç olarak, elde edilen numunelerin özelliklerinin literatür ile uyumlu olduğu görülmüştür. Aşınma özellikleri açısından ise SLM ile ürettiğimiz Ti6Al4V alaşımı farklı yöntemlerle üretilen aynı alaşıma göre daha yüksek aşınma direnci sergilemiştir. Bunun sebepleri ise üretim sürecinde tozların lazer ile hızlı ısıtılıp soğuması yani katılaşma hızlarının yüksek olması, dolayısıyla da bunun sonucunda sahip olduğu martenzitik mikroyapı nedeniyle yüksek bir sertliğe sahip olmasıdır. Yapılan sertlik testleri ve mikroyapı incelemeleri de bu sonuçları destekler nitelikte olmuştur.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma geleceğin ileri teknoloji malzeme imalat tekniklerine yönelik mezuniyet aşamasındaki üniversite öğrencilerine yetkinlik kazandırılması amacıyla TÜBİTAK 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı 2018/2 kapsamında desteklenmiştir. (Başvuru numarası: 1919B011802256). Çalışma kapsamında üretimler Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH, Avusturya'da gerçekleştirilmiştir. (The financial support given for the underlying research project by "Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH" (FFG) in the program "Produktion der Zukunft"). Üretilen numunelerin test ve analizleri Kocaeli Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü'nde gerçekleştirilmiş ve Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

F. BARTOLOMEU, M. BUCIUMEANU, E. PINTO, N. ALVES, F.S. SILVA, O. CARVALHO, G. MIRANDA, (2017) Wear Behavior of Ti6Al4V Biomedical Alloys Processed by Selective Laser Melting, Hot Pressing and Conventional Casting Trans. Nonferrous Met. Soc. China 27 Sayfa 829–838

Hasan Kemal SÜRMEN, (2019) Eklemeli İmalat (3B Baskı): Teknolojiler ve Uygulamalar Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt 24, Sayı 2, Sayfa 373-374.

J. P. OLIVEIRA, T. G. SANTOS, R. M. MIRANDA, (2020) Revisiting fundamantel welding concepts to improve additive manufacturing: From theory to practice, Progress in Materials Science, 107, 100590.

Kai WEI, Qidong YANG, Bin LING, Xujing YANG, Haiqiong XIE, Zhaoliang QU, Daining FANG, (2020) Mechanical properties of INVAR 36 alloy additively manufactured by selective laser melting, Materials Science and Engineering: A, 772, 138799.

Onur ÖZSOLAK, (2019) Eklemeli İmalat Yöntemleri ve Kullanılan Malzemeler, International Journal of Innovative Engineering Applications 3, ISSN 2587-1943, Sayfa 9-14.

Özgür POYRAZ, Melih Cemal KUSHAN, (2018) Metallerin Lazer Katmanlı İmalatında Farklı Proses Parametrelerinin Etkisinin İncelenmesi, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University 33:2, Sayfa 699-711

Rıdvan YAMANOĞLU, Ismail DAOUD, Eugene A. OLEVSKY, (2018) Spark plasma sintering versus hot pressing – densification, bending strength, microstructure, and tribological properties of Ti5Al2.5Fe alloys, Powder Metallurgy, 31(2), Sayfa 178-186.

Ümit Gencay BAŞÇI, Rıdvan YAMANOĞLU, (2019) Eklemeli metal imalat teknolojileri için metal tozu üretim yöntemleri, International Marmara Sciences Congress Proceeding Book, 220-228.

Weiwen ZHANG, Peiting QIN, Zhi WANG, Chao YANG, Lauri KOLLO, Dariusz GRZESIAK, Konda Gokuldoss PRASHANTH, (2019) Superior wear resistance in EBM-Processed TC4 alloy compared with SLM and Forged samples, Materials, 12(5) Sayfa 1-11.

William E. FRAZIER, (2014) Metal Addtive Manufacturing: A Review, Journal of Materials Engineering and Performance 23: Sayfa 1917–1928

BİTKİ ÇAYLARININ ANTIOKSIDAN AKTİVİTELERİ ÜZERİNDE ŞEKERİN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Öğr. Gör. Sema YİYİT DOĞAN

Gazi Üniversitesi, Yaşam Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi

ÖZET

Bitkiler, zengin içerikleri nedeniyle uzun süredir doğal antimikrobiyal ve antioksidan maddeler olarak kullanılmaktadır. Antioksidanlar, çevrelerindeki serbest radikallerin çeşitli mekanizmalarla oksidatif hasara neden olmasını önleyen bileşiklerdir. Yapılan pek çok çalışma fenolik bileşiklerin yüksek antioksidan etkiye sahip olduklarını bildirmiştir. Bu çalışmada şekerin antioksidan aktivite üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Siyah, yeşil ve kuşburnu çaylarının yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu bilinmektedir. Bu çaylara 0, 1, 2, 3 adet kesme şeker ilave edilerek toplam fenol miktarı, DPPH giderimi ve metal şelatlama aktiviteleri analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar; toplam fenol miktarı (Siyah çay; 53,3 - 49,5- 46,1 - 39,4 mg GAE/g; Kuşburnu; 10,5- 10,1 - 8,9 - 7,3; Yeşil çay; 48,9 - 42,0 - 32,9- 31,5), DPPH giderimi (Siyah çay; % 90 – 86 – 63 - 54; Kuşburnu; % 86 - 77- 67- 62; Yeşil çay; % 77 – 66 – 57 - 50) ve metal şelatlama etkisi (Siyah çay; % 12- 7- 3- 3; Kuşburnu; % 8- 6- 3- 0; Yeşil çay; % 11 - 5- 3 - 0). Yapılan bu çalışma şekerin toplam fenol miktarını ve buna paralel olarak antioksidan etkinliği ciddi şekilde düşürdüğünü ve şekerin bitki çaylarının antioksidan etkinliğini azalttığını göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Antioksidanlar, Toplam Fenol, DPPH, Bitki Çayı

ABSTRACT

Plants have been used as natural antimicrobial and antioxidant substances for a long time due to their rich content. Antioxidants are compounds that prevent free radicals in their environment from causing oxidative damage by various mechanisms. Studies have shown that phenolic compounds have high antioxidant effect. In this study, the effect of sugar on antioxidant activity was investigated. Black, green and rosehip teas are known to have high antioxidant activity. Total phenol quantity, DPPH removal and metal chelating activities were analyzed by adding 0, 1, 2, 3 pices sugar to these teas. The results showed that (total phenol quantity (black tea; 53,3 - 49,5 - 46,1 - 39,4 mg GAE/g; roseship; 10,5 - 10,1 - 8,9 - 7,3; green tea; 48,9 - 42,0 - 32,9 - 31,5), DPPH removal (black tea; % 90 – 86 – 63 - 54; roseship; % 86 -

77 - 67 – 62 ; green tea; % 77 – 66 - 57- 50) and metal chelating (black tea; % 12 - 7- 3- 3; roseship; % 8- 6- 3- 0; green tea; % 11 -5 – 3 - 0)) sugar had a serious negative effect on antioxidant activity.

Key words: Antioxidants, Total Phenol, DPPH, Terbal Tea

GİRİŞ

Bitkiler sahip oldukları içeriklerden dolayı yüzyıllardır hastalıkların önlenmesi ve tedavisinde halk arasında kullanılmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO), 1980 yılında “bir veya daha fazla organıyla tedavi edici veya hastalıkları önleyici olabilen veya herhangi bir kimyasal farmasötik sentezin öncüsü olabilen bitki çeşididir” açıklamasıyla tıbbi bitkileri tanımlamıştır. Son yıllarda tıbbi bitkiler modern tıp ve eczacılık alanlarında doğal ilaç hammaddesi olarak birçok hastalığın tedavisinde kullanılmaya başlanmıştır. Bitkilerin; antioksidan, antimikrobiyal, antikanserojenik, antihistaminik özellikleri olduğu bilinmektedir. Bunların dışında bitkiler gıda koruyucusu, raf ömrü uzatıcısı, kıvam ve lezzet ve arttırıcı olarak gıda sanayinde, gübre olarak tarımda, yem olarak hayvancılıkta, ağır metal gideriminde ve kozmetik sanayinde de kullanılmaktadır. (Yıldırım, 2004; Özhatay, 1997).

Serbest radikaller son yörüngelerinde bir ya da daha fazla eşlenmemiş elektron taşıyan yüksek enerjili, kararsız yapıdaki moleküllerdir. Bu eşlenmemiş elektronlar serbest radikallere büyük bir reaktivite kazandırarak protein, lipid, DNA ve koenzimler gibi birçok biyolojik materyale zarar vermelerine neden olmaktadır. Normal şartlarda vücudumuzda serbest radikaller ve antioksidan savunma sistemi arasında bir denge mevcuttur. Fakat reaktif oksijen türlerindeki artış ve/veya savunma sistemlerindeki bir yetersizlik vücuttaki antioksidan dengesinin bozulmasına ve “oksidatif stres” koşullarının oluşmasına neden olmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalar serbest radikal kaynaklı bu oksidatif hasarın diyabet, kanser, ateroskleroz, immün sistem ve kalp-damar hastalıkları gibi birçok önemli hastalığın sebebi olabileceğini göstermiştir. (Karabulut ve Gülay, 2016; Kumar ve ark., 2014).

Antioksidanlar, normal hücre metabolizmasının toksik yan ürünü olan serbest radikalleri etkisiz hale getirerek koruyucu etki gösteren kanser oluşumunu önlemede önemli rol oynayan bileşiklerdir. Fenol, flavonoid ve tanen antioksidan aktiviteden ve serbest radikal kovucu etkiden sorumlu olan başlıca bileşiklerdir. Yapılan çalışmalar bitkilerin bu fenolik bileşikleri

içerdiğini ve bu sayede antioksidan enzim aktivitesini arttırıp lipid oksidasyonunu azalttığını göstermiştir (Karabulut ve Gülay, 2016).

Günümüz dünyasında siyah çay vazgeçilmez bir içecek haline gelmiştir. Bunun dışında diğer pek çok bitki çayı hastalıklardan korunma, hastalıkların daha rahat atlatılmasında yardımcı olma, kilo verme gibi sebeplerle sıklıkla kullanılmaktadır. Hızlanan hayat şartları, temin edilmesinin rahatlığı ve hazırlanmasının kolaylığı bitkileri poşet çay olarak tüketimimize sunmuştur. Bu çalışmada yüksek antioksidan etkinliği olan siyah, yeşil ve kuşburnu çaylarına şekerin etkisi incelenmiştir.

Materyal

Sıklıkla kullanılan 12 farklı bitki çayının total fenol miktarı ve antioksidan etkinliğine daha önceki çalışmalarda bakılmış ve en yüksek etkinliğin siyah çay, yeşil çay ve kuşburnu çayında olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada yüksek etkinliğe sahip bu 3 bitki çayı kullanılmıştır ve sırası ile 0, 1, 2 ve 3 kesme şeker eklenerek antioksidan aktivite üzerindeki etki araştırılmıştır.



Şekil 1. Bitki çayları

Metod

Bu çalışmada antioksidan aktivite ile doğrudan ilişkili olan total fenol miktarına bakılmıştır. Sonrasında antioksidan yöntemlerden DPPH giderimi ve metal (demir iyonu) şelatlama aktivitesi çalışılmıştır.

Yüksek antioksidan etkinliğe sahip olduğu bilinen siyah, yeşil ve kuşburnu bitkilerinin poşet çayları 200 ml kaynar su ilave edilerek 5 dk demlemeye bırakılmıştır. Şekerin etkisinin araştırılması için 1, 2, 3 adet kesme şeker aynı şekilde demlenen çaylara ilave edilmiştir. Çalışma 2 tekrar ve 3 paralel şekilde yapılmıştır.

Total Fenol İçeriğinin Belirlenmesi

Toplam fenolik madde miktarı Barros ve arkadaşlarının Folin-Ciocalteu yöntemini 96 kuyulu plakalara uyarlayarak spektrofotometrik olarak belirlenmiştir. Bitki çaylarından 0,02 ml alınarak 40 µl Folin-Ciocalteus reaktifi ve 0,2 ml % 2 sodyum karbonat ile karıştırılarak oda sıcaklığında 90 dakika inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonrasında 760 nm dalga

boyunda absorbanslar okunarak Gallik Asit standardına göre hesaplama yapılmıştır (Barros ve ark., 2007).

DPPH Gideriminin Araştırılması

1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) serbest radikalini süpürme kapasitesi spektrofotometrik yöntemle belirlenmiştir. Bitki çaylarına %0,004'lük DPPH çözeltisi eklenerek karanlıkta 30 dakika inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda 517 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak ölçüm yapılarak serbest radikal süpürücü etki aşağıdaki formüle göre belirlenmiştir (Blois, 1985);

$$\% \text{ Giderim} = [(A_{\text{DPPH}} - A_{\text{Örnek}}) / A_{\text{DPPH}}] \times 100$$

Demir (Fe⁺²) İyonu Şelatlama Aktivitesinin Araştırılması

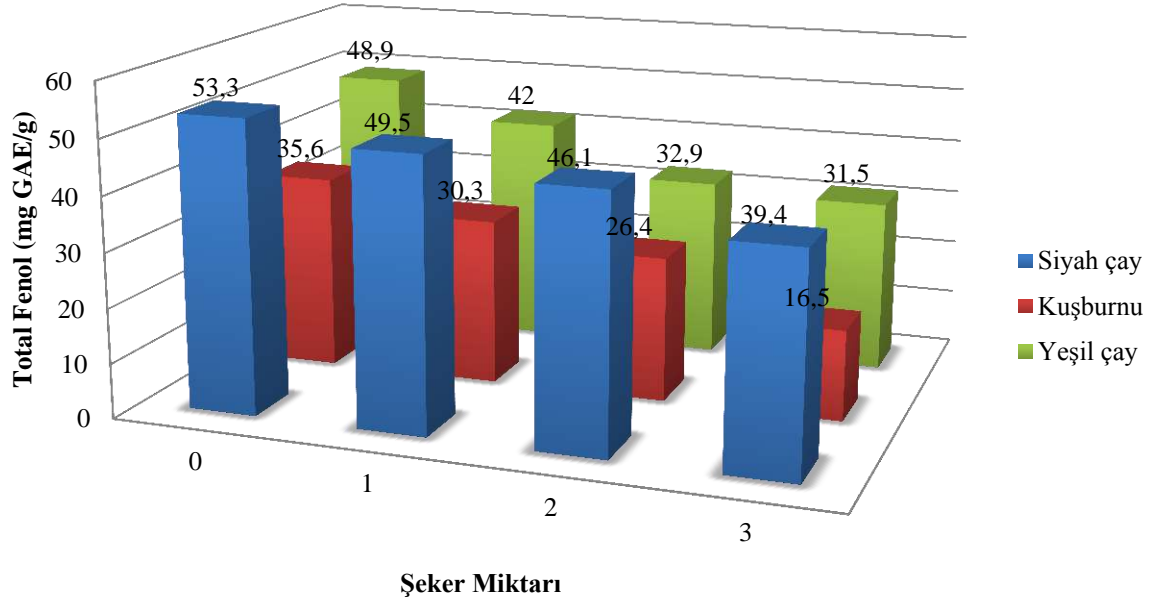
Metal şelatlama (Demir iyonu şelatlama) aktivitesi Decker ve Welch'in yönteminde bazı değişiklikler yapılarak belirlenmiştir. Bitki çaylarına 0,05 ml 2 mM FeCl₂ ve 0.1 ml 5 mM ferrozin eklenerek oda sıcaklığında 15 dakika inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyondan sonra absorbans 562 nm dalga boyunda ölçülerek aşağıdaki yöntemle göre hesaplama yapılmıştır (Decker ve Welch, 1990);

$$\% \text{ Şelatlama} = [(A_{\text{Kontrol}} - A_{\text{Örnek}}) / A_{\text{Kontrol}}] \times 100$$

Bulgular ve Tartışma

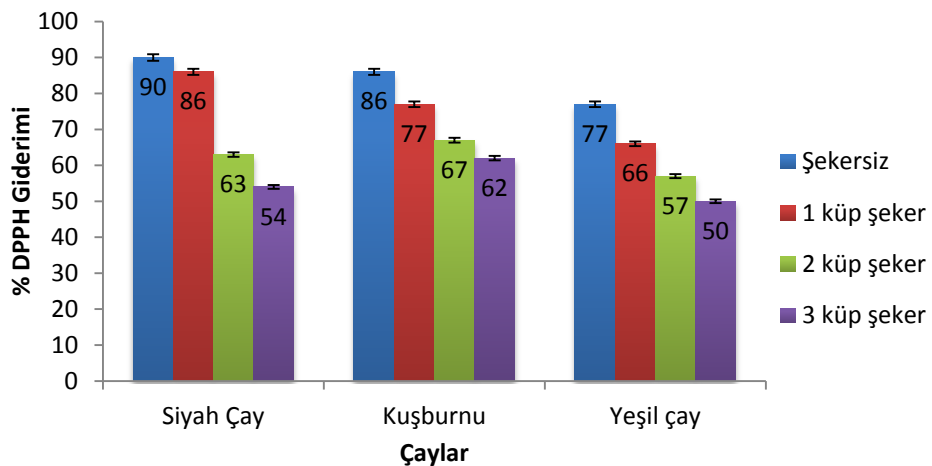
Daha önce yapılan çalışmada farklı 12 poşet çay içerisinde en yüksek total fenolik miktarı sırasıyla yeşil çay (53,3 mg GAE/g), siyah çay (48,9 mg GAE/g) ve kuşburnu (35,6 mg GAE/g) çaylarında bulunmuştur. Bu çaylara şeker ilave edildikçe eklenen şekerle doğru orantılı olarak toplam fenolik içeriğinin azaldığı bulunmuştur.

Tablo 1. Şekerin poşet bitki çaylarındaki total fenol içeriğe etkisi



DPPH sentetik bir serbest radikal olup ortamda miktarının artması çeşitli ciddi hastalıklara sebep olmaktadır. Yaptığımız çalışmada total fenol miktarının yüksek olması ile %DPPH gideriminin bağlantılı olduğu anlaşılmıştır. Şeker ilavesi DPPH giderimini olumsuz etkileyerek şeker miktarı arttıkça giderim azalmıştır.

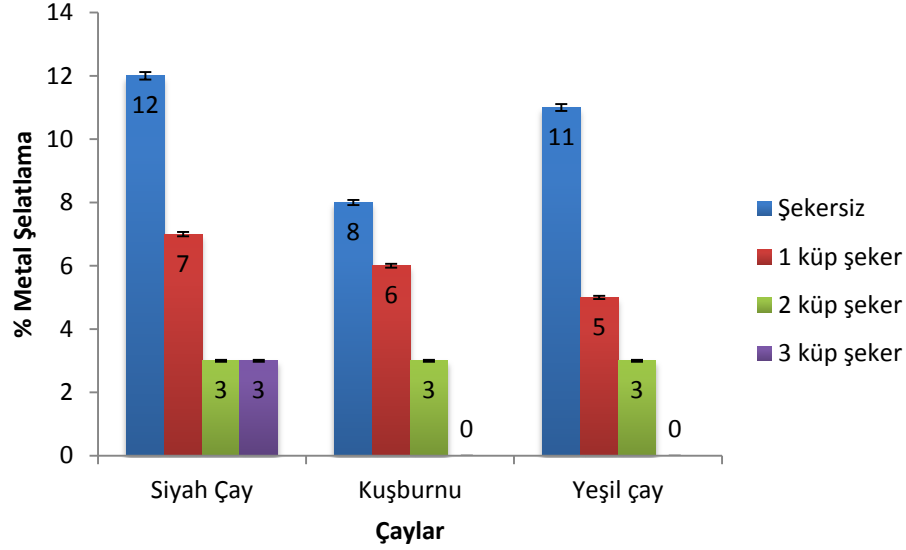
Tablo 2. Şekerin poşet bitki çaylarındaki % DPPH giderimine etkisi



Vücutta biriken metal iyonları hücrede hasara yol açmakta ve birçok hastalığa sebep olmaktadır. Bitkilerin bu metal iyonlarını şelatlayarak zararlı etkilerini engellediği ya da

azaltabildiği bilinmektedir. Bu çalışmada kullanılan bitki çaylarının demir şelatlama etkinlikleri düşük bulunmakla birlikte şeker şlavesinin bu etkinliği azalttığı hatta bazı çaylarda etkiyi tamamen bitirdiği görülmüştür.

Tablo 3. Şekerin poşet bitki çaylarındaki % metal şelatlama aktivitesine etkisi



SONUÇ VE ÖNERİLER

Bitkiler insanlığın başlangıcından beri hastalıkları önleme ve tedavi etmede halk arasında kullanılmaktadırlar. Bitkilerin en çok çay olarak tüketildiği bilinmektedir. Gelişen teknoloji beraberinde hızlı bir yaşam getirmiştir. İnsanlar hızlı ve pratik olan şeylere yönelmeye başlamıştır. Poşet bitki çayları da hazırlanmasının pratik ve hızlı olması gibi sebeplerle klasik demleme çaylara göre daha sık kullanılmaya başlanmıştır. Yapılan pek çok çalışma bitkilerin antioksidan ve antimikrobiyal özellikte olduğunu bildirmiştir. Bitki çaylarına bal eklenmesinin bu etkinlikleri arttırdığını gösteren çalışmalar mevcuttur. Şekerin insan vücuduna verdiği zararlar artık bilim dünyasında kabul görmüştür. Bununla birlikte şeker ile yapılan çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışmada zararlı olduğunu bildiğimiz şekerin bitki çaylarına olumlu-olumsuz ne şekilde etki edeceği araştırılmıştır. Araştırma sonucunda eklenen her şeker ile birlikte fenol içerik miktarının, serbest radikal süpürme ve metal şelatlama gibi antioksidan aktivitelerin gittikçe azaldığı tespit edilmiştir. Bu çalışma bize bitki çaylarından daha verimli sonuç almak istiyorsak şekersiz tüketmemiz gerektiğini göstermiştir.

KAYNAKLAR

- Barros L, Joao Ferreira M, Queiros B, Ferreira I C, Baptista P** (2007) Total Phenol, Ascorbic Acid, β -carotene and Lycopene in Portuguese Wild Edible Mushroom and Their Antioxidant Activities. *Food Chem*, 103 (2), 413-419.
- Blois M S** (1958) Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181: 1199-1200
- Decker E A, Welch B** (1990) Role of Ferritin as a Lipid Oxidation Catalyst in Muscle Food. *J Agr Food Chem*, 38 (3), 674.
- Karabulut H ve Gülay M Y** (2016) Antioksidanlar. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 1(1), 65-76.
- Karakaya S, El S N** (2006) Total Phenols and Antioxidant Activities of Some Herbal Teas and In Vitro Bioavailability of Black Tea Polyphenols. *GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23 (1), 1-8.
- Kumar S, Kumar R, Dwivedi A and Pandey A K** (2014). In Vitro Antioxidant, Antibacterial, and Cytotoxic Activity and In Vivo Effect of Syngonium podophyllum and Eichhornia crassipes Leaf Extracts on Isoniazid Induced Oxidative Stress and Hepatic Markers, *BioMed Research International*, 2014:459452.
- Orhan D D, Özlük Ö, Coşkun S H** (2012) Antioxidant capacities, ascorbic acid and total phenol contents of the plants sold as rose hip in Turkey. *FABAD J.Pharm. Sci.*, 37, 3, 161-167
- Özhatay N, Atay S** (1997) Kekik in Trade in Turkey, Proceeding of the XI World Forestry Congress, Vol:3:234-237, 13-22 October, Antalya.
- Yıldırım S** (2004) Etnobotanik ve Türk Etnobotaniği. *Kebikeç İnsan Bilimleri için Kaynak Araştırmaları Dergisi*, 17, ss.175-193.

***Nepeta nuda* subsp. *albiflora* BİTKİ EKSTRELERİNİN ANTIOKSİDAN AKTİVİTELERİNİN FARKLI *in vitro* BİYOANALİTİK METOTLAR ile BELİRLENMESİ**

İbrahim TEBER

Muş Alparslan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Prof. Dr. Ercan BURSAL

Muş Alparslan Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi

ÖZET

Bu çalışmadaki temel amaç *Nepeta nuda* subsp. *albiflora* bitki türünün su ve etanol ekstralarının antioksidan özelliklerini tayin edilmesi ve radikal giderme özelliklerinin incelenmesidir. *Nepeta nuda* subsp. *albiflora* bitkisinin antioksidan aktivitesini belirlemek için tiyosiyanat ile antioksidan aktivite tayini ve CUPRAC (kuprik iyonları indirgeme kapasitesi) indirgeme gücü tayini gibi *in vitro* biyoanalitik metotlar çalışıldı. Antioksidan çalışmalarda sonuçlar standart antioksidanlar olarak kabul edilen BHA, BHT, tokoferol, troloks ve askorbik asit ile karşılaştırıldı. Bu çalışmada *Nepeta nuda* subsp. *albiflora* bitki türünün su ve etanol ekstralarının tiyosiyanat ile antioksidan aktivitesi ve kuprik (Cu^{2+}) iyonlarını indirgeme kuvveti standartlara kıyasla orta düzeyde etki gösterdikleri tespit edildi.

Anahtar Kelimeler: Antioksidan, CUPRAC, *Nepeta nuda*

ABSTRACT

The main aim of this study is to determine the antioxidant activities of ethanol and water extracts of *Nepeta nuda* subsp. *albiflora* and evaluate their radical scavenging activities. In order to determine the antioxidant activity of *Nepeta nuda* subsp. *albiflora*; thiocyanate antioxidant assay and CUPRAC method (cupric ions reducing antioxidant capacity) *in vitro* bioanalytical methods were studied. The results were compared to BHA, BHT, tocopherol, trolox, and ascorbic acid as standard antioxidant compounds. Aqueous and ethanol extracts of *Nepeta nuda* subsp. *albiflora* presented moderate antioxidant potential comparative to standard samples on thiocyanate antioxidant assay and CUPRAC assays.

Key Words: Antioxidant, CUPRAC, *Nepeta nuda*

GİRİŞ

Geleneksel tıbbi tedavi yöntemi modern ilaç endüstrisine göre daha ucuz bir alternatif ve tamamlayıcı tıp olarak dünya genelinde gittikçe popüler hale gelmektedir. Sentetik ilaçların pahalı oluşu, çevre ve insan sağlığını tehdit eden yan etkilere neden olmaları, bazı etken

maddelerin sentetik olarak elde edilmelerinin oldukça zor ve masraflı oluşu, bazı bitkisel ürünlerin sentetik ilaçlardan daha etkili olmaları gibi nedenlerden ötürü bitkisel ürünlere olan ilgi günden güne artmaktadır (Baytop, 1999). Bunun yanı sıra Chang (2000), bitkisel ilaçlar hakkındaki olumlu gelişmelerin, kitlesel iletişim araçları sayesinde çok geniş insan kitlelerine iletilmesinin, tıbbi bitkilere olan ilgiyi arttırdığını bildirmiştir. Ayrıca, bitkisel ilaçların yoğun bir şekilde kullanılması insanların, bitkilerin hastalıklara karşı koruyucu veya tedavi edici olduklarına dair olan inanışlarından kaynaklanmaktadır ve aynı davranış biçimine dünya genelinde de rastlanmaktadır (Silinsin, 2016; Teber, 2019).

Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre bazı Afrika ve Asya ülkelerinde nüfusun %80'i temel sağlık gereksinimleri ve tedavi için alternatif halk tıbbını kullanmaktadır (Tang ve Halliwell, 2010). Özellikle Asya, Afrika, Latin Amerika ve Ortadoğu'daki gelişmekte olan ülkelerin çoğunluğunda, halkın %70-95'i sağlık gereksinimlerini karşılamak amacıyla tıbbi bitkilerden yararlanmaktadır. Aynı kullanım oranına Kanada, Fransa, Almanya ve İtalya gibi bazı gelişmiş ülkelerde tamamlayıcı-alternatif- geleneksel adları altında rastlanmaktadır. Modern ilaç endüstrisinin ilk ürünü olarak kabul edilen penisilin 1943 yılında ticari olarak üretimine başlanmasına kadar, tıbbi tedavide kullanılan ilaçlar tamamıyla etnomedikal bitkilerden oluşmaktaydı (Robinson ve Zhang, 2011).

Nepeta bitki cinsi Lamiaceae ailesinin en geniş bitki cinslerinden biridir. Bu cins dünyanın farklı bölgelerinde 300'den fazla türe sahiptir. Genellikle bu türler çok yıllık bitkilerdir fakat bazen yıllık türler ile de karşılaşmaktadır. *Nepeta* türleri Merkez ve Güney Avrupa'da, Güney Asya'da ve Afrikanın bazı kısımlarında görülmektedir. *Nepeta* türleri halk hekimliğinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Balgam ve idrar söktürücü etkisi nedeniyle antiseptik özellikleri bulunmaktadır. Bazı çalışmalarda bu bitki cinsinin aneljezik, antifungal ve antiviral aktiviteleri gösterilmiştir (Teber, 2019).

Nepeta nuda subsp. *albiflora* (*N. nuda*) bitkisi, ülkemizin birçok yerlerinde (Adana, Bolu, Kars, Hakkari, Çankırı, Kastamonu, Adıyaman, Amasya, Ankara, Antalya, Balıkesir, Bursa, Giresun, Hatay, Isparta, İçel, Konya, Kütahya, Malatya, Kahramanmaraş, Muş, Rize, Tunceli, Van) yayılış gösteren çok yıllık otsu bir türdür ve 5-8. aylarda çiçeklenirler. Genellikle kaya yamaçlarında, çayırılık ve dere kenarlarında, 850-2750 m yüksekliklerde yetişirler (TUBIVES, 2019)

Bu yapılan çalışmada ise antioksidan kaynağı olduğu düşünülen ve endemik bir tür olan *Nepeta nuda* subsp. *albiflora* bitkisinin antioksidan potansiyeli çeşitli *in vitro* metodlar ile belirlenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Kullanılan bitki materyali

Çalışma kapsamında kullanılan *Nepeta nuda* subsp. *albiflora* bitkisi Adıyaman Üniversitesi Öğretim Üyesi Doç. Dr. Ömer Kılıç tarafından Bingöl ilinden doğal habitatlarından toplanmış ve sınıflandırılması yapılmıştır.



Şekil 1. *Nepeta nuda* subsp. *albiflora* bitkisi

Bitkinin su ve etanol ekstralarının hazırlanması

Nepeta nuda subsp. *albiflora* bitkisinin etanol ekstresi ve liyofilize su ekstresini hazırlamak için öncelikle bitki numuneleri direkt güneş ışınlarına maruz bırakılmadan oda şartlarında kurutulmuş ve bir parçalayıcı ile ufalanarak toz haline getirilmiştir. Su ve etanol ekstraları hazırlanmasında 10'ar gram kurutulmuş numune alınarak ayrı ayrı 100 ml saf su ve 100 ml etanol içinde (1/10 :w/v) manyetik karıştırıcılar ile 24 saat oda sıcaklığında (25 °C) karıştırılmıştır. Karışımlar daha sonra süzgeç kâğıdından süzülmuş ve süzüntüler dondurulduktan sonra su ekstresi için liyofilizatörde 5 mm Hg basınç ve -50 °C'de liyofilize edilmiştir. Liyofilize su ekstresi kullanılıncaya kadar -30 °C'de bekletilmiştir. Etanol ekstresi için ise hazırlanmış karışımlar süzgeç kâğıdından süzülmuş ve süzüntüler bir evaporatörde 40 °C'de etanol uzaklaştırılmıştır. Çözücüsü uçurulmuş etanol ekstresi de kullanılıncaya kadar -30 °C'de bekletilmiştir.

Antioksidan aktivite belirleme metotları

CUPRAC metodu

Nepeta nuda subsp. *albiflora* bitkisi etanol ve su ekstralarının indirgeme kapasitesi tayini CUPRAC metoduna göre yapıldı (Apak vd., 2007). Bunun için deney tüplerinin her birine 0.01 M'lık CuCl_2 çözeltisinden 0.25 ml otomatik pipetleme yapıldı. Bunun üzerine sırayla etanolde çözülen 7.5×10^{-3} M'lık neokuprinden 0.25 ml ve 1 M'lık amonyum asetat tamponundan 0.25 ml ilave edildi. Deney tüpleri iyice karıştırıldıktan sonra çeşitli konsantrasyonlarda (10-50 $\mu\text{g/ml}$) bitki ekstraları ve standartlar aktarıldı. Son hacimler saf su

ile 1 ml'ye tamamlandı. 30 dakikalık bir inkübasyon işleminden sonra 450 nm'de absorbansları UV-vis spektrofotometre ile ölçüldü.

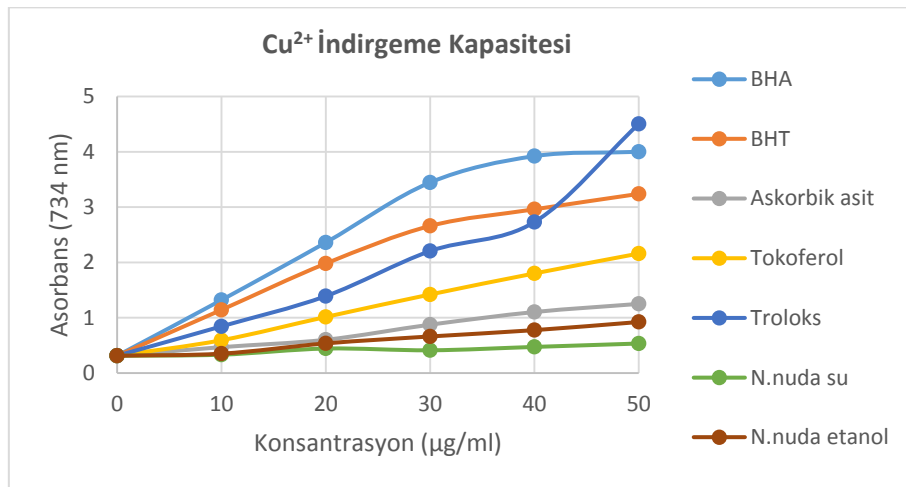
Tiyosiyanat metodu

Su ve etanol ekstralarının toplam antioksidan aktivite tayini ferrik tiyosiyanat metoduna göre belirlendi (Gülçin vd., 2011). Ekstrelerden oluşturulan stok çözeltilerden 20 µg/ml konsantrasyonunda numune hazırlanarak kapağı kapatılabilir vidalı deney tüplerine pipetlendi ve toplam hacim tampon çözeltiyle birlikte 2.5 ml olacak şekilde tamamlandı. Bu işlemin ardından her bir tüpe 2.5 ml linoleik asit emülsiyonu aktarıldı. Bu numunelerin absorbansları her 8 saatte bir defa ölçüldü. Bu işlem için hazırlanan numunelerden 100'er µl alınarak 4.7 ml etanol bulunan deney tüplerine aktarıldı. Bunların üzerine 100 µl Fe²⁺ çözeltisi ile 100 µl SCN çözeltisi aktarıldı. Vorteks ile karıştırılıp yarım saat 37 °C'de inkübasyondan sonra 500 nm'deki absorbansları kaydedildi. Kontrol çözeltisi olarak 2.5 ml tampon çözelti ve 2.5 ml linoleik asit emülsiyonu kullanıldı.

TARTIŞMA VE SONUÇ

CUPRAC yöntemi sonuçları

Bu yöntem sonucunda artan absorbans kuprik iyon (Cu²⁺) indirgeme kapasitesini göstermektedir. Bulgulardan da anlaşıldığı gibi *Nepeta nuda* subsp. *albiflora* bitkisi etanol ve su ekstralarının BHA, BHT, tokoferol, troloks ve askorbik asit standartlarından daha düşük oranda indirgeme kapasitesi sergilemiştir. *Nepeta nuda* subsp. *albiflora* bitkisinin su ekstresi etanol ekstresine nisbeten düşük oranda indirgeme kapasitesi sergilemiştir. Bu çalışma sonuçlarına göre 50 µg/ml konsantrasyonunda kuprik iyonlarını (Cu²⁺), kupröz iyonlarına (Cu⁺) indirgeme kapasitelerinin sıralaması troloks, BHA, BHT, tokoferol, askorbik asit, etanol ekstresi ve su ekstresi şeklindedir. Bu yöntemdeki Cu²⁺ iyonları indirgeme potansiyelleri grafik ile Şekil 2'de gösterilmiştir.

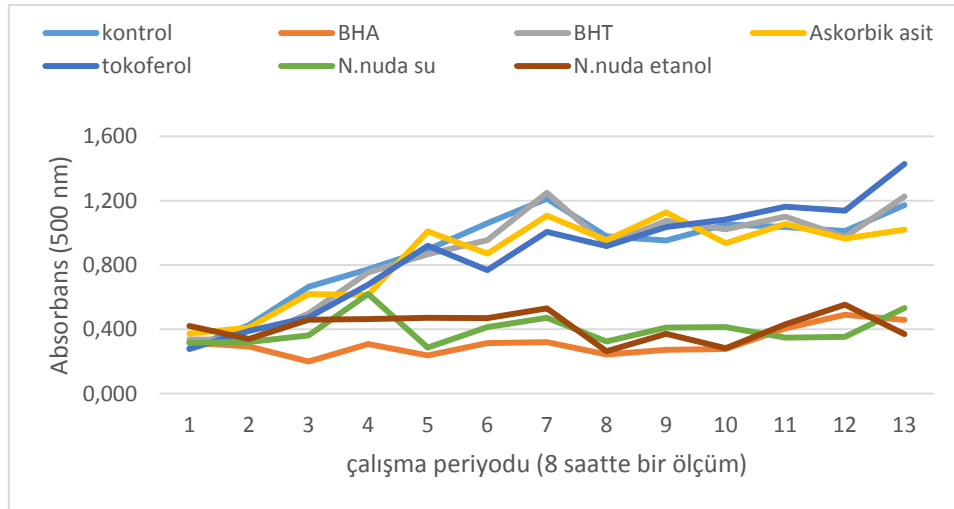


Şekil 2. *Nepeta nuda* subsp. *albiflora* etanol ve su ekstralarının CUPRAC metodu ile indirgeme kuvveti tayini

Çalışmalarımızda kullandığımız CUPRAC metodu son zamanlarda indirgeme gücü analizleri için geliştirilen ve sıklıkla kullanılan önemli bir metottur. Bu metot, düşük maliyeti ile beraber hızlı ve kararlı bir metottur (Güzel vd., 2013). Ayrıca indirgeyici ajanın tipine veya hidrofilik durumuna bakılmaksızın, farklı antioksidanlar için uygulanabilir bir metottur. Bu metodun esası bir kromojenik redoks reaksiyonu olup fizyolojik pH'ya yakın bir ortamda (pH: 7.0) gerçekleştirilir. Bu metot verilerine göre etanol ekstraktları su ekstraktlarından yüksek indirgeme aktivitesi göstermişlerdir.

Tiyosiyanat yöntemi sonuçları

Çalışmada kullandığımız *Nepeta nuda* subsp. *albiflora* bitkisinden temin edilen su ve etanol ekstraktlarının antioksidan aktiviteleri ferrik tiyosiyanat aktivite tayin yöntemine göre belirlendi. *Nepeta nuda* subsp. *albiflora* elde edilen su ve etanol ekstraktlarının toplam antioksidan aktivite tayini için sırasıyla 20 µg/ml konsantrasyonlarındaki numuneler kullanıldı. Şekil 3'te *Nepeta nuda* subsp. *albiflora* bitkisinden edilen su ve etanol ekstraktlarının toplam antioksidan aktivitesi grafiği verilmiştir. Bu yöntemle göre kontrol numunesinin belli bir zamana kadar absorbans artışı göstermesi ve bu noktadan sonra azalma göstermesi beklenmektedir. Bu dönüm noktasının 7.ölçümümüz olan 56. Saate denk geldiği Şekil 3'ten anlaşılmaktadır. Bu noktadan sonra bitki ekstraktları standartlar gibi absorbans değişimleri göstermiştir. Bu yöntemin esasında antioksidan maddelerin doymamış esansiyel bir yağ asidi olan linoleik asidin peroksidasyonunu önlemesi ve bunun spektrofotometrik olarak tespit edilmesi vardır. Çalışma sonuçlarımıza göre hem su ekstresi hem de etanol ekstresi standart bir antioksidan olan BHA gibi etkili bir şekilde linoleik asit peroksidasyonunu önlediği düşük absorbans değerinden yorumlanmıştır.



Şekil 2. *Nepeta nuda* subsp. *albiflora* etanol ve su ekstraktlarının ferrik tiyosiyonat metoduna göre antioksidan aktivite tayini

Ferrik tiyosiyonat yöntemine göre antioksidan aktivite tayini en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Ferrik tiyosiyonat metodu, linoleik asit peroksidasyonu boyunca üretilen peroksitin seviyesini ölçer. Bu biyoanalitik yöntemde moleküler oksijen tarafından oksitlenen ve linoleik

asidin emülsiyonunun oksidasyonu sonucu oluşan hidroperoksitler de ölçülmüş olur. Bu yöntemin esası linoleik asit emülsiyonunun oksidasyonu sonucu oluşan hidroperoksidin tespitinin 500 nm’de spektrofotometre ile absorbansının ölçülmesine dayanır. Artan absorbans seviyesi oluşan peroksit miktarının yüksek seviyesini gösterir. Oluşan hidroperoksit ise Fe^{2+} ,’yi Fe^{3+} ,’e yükseltir. Oluşan Fe^{3+} amonyum tiyosiyanat ile oluşturduğu kompleksin 500 nm’de absorbansı ölçülmesi ile antioksidan miktar tespit edilir. Bu çalışma sonuçlarına göre *Nepeta nuda subsp. albiflora* bitkisinden temin edilen su ve etanol ekstraktlarının BHA ile birlikte yüksek miktarda antioksidan özellik gösterdiği tespit edilmiştir.

Çalışmada incelenen bitki alternatif tıpta tedavi amaçlı kullanılmakla beraber üzerinde yeterince klinik çalışmalar yapılmamış olması bu bitkinin kimyasal özelliğinin ve biyolojik etkilerinin tam bilinmemesi nedeniyle araştırmaya açık bir alan olduğu düşünülmektedir. Çalışma bitkisi olan *Nepeta nuda subsp. albiflora* ile ilgili daha önce yapılan çalışmalara bu sonuçların literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Muş Alparslan Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Komisyonu tarafından BAP-18-SYO-4902-01 nolu proje ile desteklenmiştir, katkılarından dolayı teşekkür ederiz. Ayrıca bitkinin temin edilmesi ve sınıflandırılmasının yapılması katkılarından dolayı Adıyaman Üniversitesi’nde Öğretim Üyesi Doç. Dr. Ömer Kılıç’a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Apak, R., Güçlü, K., Demirata, B., Özyürek, M., Çelik, S. E., Bektaşoğlu, B. and Özyurt, D. (2007). Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phenolic compounds with the CUPRAC assay. *Molecules*, 12(7), 1496-1547.
- Baytop, T. 1999, Türkiye’de Bitkiler ile Tedavi, *Nobel Tıp Kitabevleri*, İstanbul, 480.
- Chang, J. 2000. Medicinal Herbs: Drugs or Dietary Supplement? *Biochemical Pharmacology*, 59: 211-19.
- Gülçin, İ., Topal, F., Öztürk, S.B., Bursal, E., Bilsel, G. and Gören, A.C. 2011. Polyphenol contents and antioxidant properties of medlar (*Mespilus germanica L.*). *Records of Natural Products*, 5(3), 158-175.
- Güzel, E., Boğa, R., Bursal, E. 2013. Determination of antioxidant activities of *Asphodelus aestivus*. *Muş Alparslan University Journal of Science*, 1 (1), 17-25.
- Robinson, M.M. and Zhang, X. 2011, The world medicines situation 2011 (Traditional medicines: global situations, issues and challenges). Third edition. *World Health Organization (WHO)*, Geneva, Italy. 12.
- Silinsin, M. 2016, *Inula graveolens L.* bitki türüne ait su ve etanol ekstraktlarının antioksidan aktivitelerinin değişik in vitro metotlar ile belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muş.
- Tang, S.Y. and Halliwell, B. 2010. Medicinal plants and antioxidants: What do we learn from cell culture and *Caenorhabditis elegans* studies? *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 394, 1-5.

Teber, İ. 2019. *Nepeta fissa* ve *Nepeta nuda* subsp. *albiflora* bitki türlerinin antioksidan aktivitelerinin farklı *in vitro* metotlar ile belirlenmesi ve fenolik içeriklerinin HPLC ile analizi Yüksek Lisans Tezi, Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muş.

TÜBİVES-1. Türkiye Bitkileri Veri Servisi.
http://194.27.225.161/yasin/tubives/index.php?sayfa=1&tax_id=7817. [Erişim tarihi: 15/11/2019].

**FARKLI EKİM SIKLIKLARININ VE EKİM ZAMANLARININ FASULYEDE
BİYOLOJİK VERİM VE BAZI VERİM ÖĞELERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN
BELİRLENMESİ**

*DETERMINATION OF THE EFFECTS OF DIFFERENT SOWING DENSITIES AND
SOWING TIMES ON BIOLOGICAL YIELD AND SOME YIELD COMPONENTS IN
BEANS*

¹Aykut Bozkurt, ²Mehmet Yağmur

1 Kırşehir Ahi Evran Üniv. Fen Bilimleri Ens. Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı Kırşehir

2 Kırşehir Ahi Evran Üniv. Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Böl. Kırşehir

Özet: Bu çalışma 2018 yılında Nevşehir ili Derinkuyu ilçesinde çiftçi şartlarında kurulmuştur. Çalışma üç tekerrürlü olarak tesadüf bloklarında, bölünen deneme deseninde yürütülmüştür. Çalışmada beş farklı ekim zamanını (20 Nisan, 4 Mayıs, 18 Mayıs, 1 Haziran ve 15 Haziran) ana parsellere ve beş farklı ekim sıklıkları ise (40x8, 40x10, 40x12, 40x14 ve 40x16) alt parsellere yerleştirilmiştir. Çalışmada sıra arası sabit 40 cm olarak belirlenmiş olup sıra üzeri ise beş farklı seviyede (8, 10, 12, 14 ve 16 cm) belirlenmiştir. Farklı ekim sıklıklarında tohumluk miktarları 11.2 kg/da (40x8) tohum, 9.0 kg/da tohum (40x10), 7.5 kg/da tohum (40x12), 6.4 kg/da tohum (40x14), 5.6 kg/da tohum (40x16 cm olarak belirlenmiştir. Bu çalışma sonunda, çıkış süresi (gün), vejetasyon süresi (gün), çiçeklenme süresi (gün), bakla bağlama süresi (gün) ve biyolojik verime (kg/da) ilişkin ortalama değerler tespit edilmiştir.

Çalışma sonucunda, ekim zamanı ve ekim sıklıkları ve ayrıca ekim zamanı x ekim sıklıkları interaksiyonu incelenen tüm özellikler üzerine istatistikî olarak önemli derecede etki ettikleri saptanmıştır. Çalışmada, ekim zamanı geciktikçe vejetasyon süresi (gün), çiçeklenme süresi (gün), bakla bağlama süresi (gün) kısaldığı bulunmuştur. Oysa çıkış süresi hava ve toprak sıcaklığına bağlı olarak dalgalı bir değişim gösterdiği belirlenmiştir. Biyolojik verim önemli derecede erken ve geç ekimlerde negatif olarak etkilendiği saptanmıştır. Çalışmada, en yüksek biyolojik verim için en uygun sıra üzeri 10 cm olarak tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda, ikinci ekim zamanında (4 Mayıs 2018) 10 cm lik sıra üzeri interaksiyonunda en yüksek biyolojik verim elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Fasulye, Ekim sıklığı, Ekim zamanı, Çıkış süresi

Abstract:This study was established in 2018 in Derinkuyu district of Nevşehir under farmer conditions. The study was carried out in randomized blocks with three replications in a split design. In this research, five different sowing times (20 April, 4 May, 18 May, 1 June and 15 June) were placed in the main plots and five different sowing densities (40x8, 40x10 40x12, 40x14 and 40x16) were placed in the subplots. In the study, the interrow spacing was 40 cm and the intra row was determined at five different levels (8, 10, 12, 14 and 16 cm). Seed amounts at different sowing densities were 11.2 kg/da seed (40x8), 9.0 kg / da seed (40x10), 7.5 kg / da seed (40x12), 6.4 kg / da seed (40x14), 5.6 kg / da seed (40x16 cm).

At the end of this study, average values were determined for emerge time (day), vegetation time (day), days to flowering (day), days to pod formation (day) and biological yield (kg/da). In this study, it was determined that the sowing time and sowing densities and also the sowing time x sowing densities interaction had a significant effect on examined all traits. In the study, as the sowing time was delayed, the vegetation time (day), days to flowering time (day), days to pod formation time (day) were shortened. However, it has been determined that the emerge time varies depending on the air and soil temperature. Biological yield was significantly negatively affected in early and late sowing times. In the study, the most suitable intra row for the highest biological yield was determined as 10 cm. As a result of the study, the highest biological yield was obtained in the 10 cm row interaction at the second planting time (4 May 2018).

Keywords: Common bean, Sowing densities, Sowing time,

GİRİŞ:

Yemelik dane baklagil bitkilerinin insan beslenmesindeki önemi tartışılmaz bir gerçektir. Ayrıca bu bitkilerin, havanın serbest azotunu fikse edebilme özellikleri, kendisinden sonra ekilecek ürünler için temiz ve verimli toprak bırakması açısından da önemlidir. Fasulye tarımı, çevrecilik ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının yaygınlaştığı günümüzde, önemini daha da artırmaktadır (Isik, 2001).

Fasulye Türkiye’de üretilen baklagiller içinde nohut ve mercimekten sonra üçüncü sırada yer almaktadır. Ülkemizdeki kuru fasulye üretimi incelendiğinde, en fazla ekiliş alanına sahip illerin başında Konya (14.811 ha), Karaman (10.151 ha), Erzincan (2.570 ha), Niğde (10.348 ha) Nevşehir (6.872 ha) Samsun (2.343 ha) ve Kahramanmaraş (2.287 ha) olduğu görülmektedir (TUİK, 2013). Ülkemizdeki fasulye ekim alanının büyük çoğunluğuna sahip olan bu yedi il, fasulye üretiminin belli bölgelerde toplandığını göstermektedir. Ülke fasulye yetiştiriciliğinde görülen bu kümelenme, en fazla fasulye yetiştiriciliğinin yapıldığı bu illerde

herhangi bir yıl, hava koşullarının olumsuz gitmesi ya da hastalık ve zararlıların yoğun görülmesi durumunda, fasulye verimi ve dolayısıyla ülke toplam fasulye üretiminde ciddi anlamda azalışın ortaya çıkma riskini beraberinde getirmektedir. Bu olumsuzluğun giderilebilmesinde, her bölge için verim, adaptasyon ve çeşit geliştirme çalışmalarının yapılarak, üstün özellikleri ile ön plana çıkan çeşit ve çeşit adayı hatların üreticiye ulaştırılması ve böylece fasulye üretiminin ülke geneline yayılması büyük önem taşımaktadır.

Fasulyede yüksek tane verimi alınabilmesi için en uygun ekim zamanında ekilmesi gerekmektedir. Bunun yanında ekim sıklığı da verim için önemli agronomik uygulamadır. Kuru fasulyeden yüksek verim almak için en uygun ekim zamanını bulmak amacıyla yapılan bir çalışmada, don ve soğuk tehlikesi nedeniyle kuru fasulye ekiminin mısır ile yakın zamanda ekilmesinin gerektiğini, yüksek verim elde etmek için Mayıs ayının 10-20'sinin kuru fasulye ekimi için en ideal zaman olduğunu ifade etmiştir(Martin ve Leonardo, 1949). Sepetoğlu ve Altıntaş (1994), kuru fasulyenin don zararına karşı son derece hassas olması ve don zararından olumsuz şekilde etkilendiği için, kuru fasulye tarımında ekim zamanının son don tarihinden sonra yapılmasının uygun olduğunu ve optimum çimlenme için sıcaklığın 15C⁰'nin üstünde olması gerektiğini tespit etmiş ve belirtmiştir. Şehirli (1980), Ankara ilinde bodur fasulyede üç farklı sıra arası (30, 45 ve 60 cm) ve üç değişik sıra üzeri (5, 10 ve 15 cm) ile yapmış olduğu çalışmada en yüksek verimini 156 kg/da'la 45 cm sıra arası ve 5 cm sıra üzerinden almıştır. Yine bu çalışmada en yüksek bitki biyolojik verimini 60 cm, en yüksek bakla sayısını 45 ve 60 cm'den alınırken baklada tane sayısı, bin tane ağırlığı ve hasat indeksi yönünden sıra aralıkları arasındaki farklılıklar önemsiz bulunmuştur. Grafton ve ark. (1988), fasulyede yapmış oldukları ekim sıklığı uygulamasında sıra arası mesafenin 75 cm'den 25 cm'ye indiğinde tane veriminin çeşitlere bağlı olarak arttığını bildirmiştir. Ağsakallı ve ark. (1990), Erzurum doğal şartlarında şeker fasulyesi çeşidinde üç sıra aralığı (50, 60 ve 70 cm) ve dört sıra üzeri (7.5-10-12.5 ve 15 cm) mesafesinde yaptıkları uygulamada her üç senede de 50 cm sıra mesafesinin ve 7.5 cm sıra üzerinin uyumlu olduğunu belirtmiştir. Chatterjee ve Som (1991), Batı Bengalda 1984-1987 yılları arasında 40x10, 40x15 ve 40x20 cm olmak üzere üç farklı ekim sıklığında yapmış oldukları çalışmadan en yüksek tane veriminin (2.88 t/ha) 40x10 cm ekim sıklığının denendiği parsellerden alındığını tespit etmişlerdir.

2018 yılında Türkiye de 848.025 da kuru fasulye ekimi yapılırken bunun 68.723 dekarı Nevşehir ilinde ekilmiştir. Dekara 265 kg verim elde edilmiştir. Derinkuyu ilçesinde ise 45.000 dekar ekim yapılmıştır.

Bu çalışmanın amacı, farklı ekim tarihi ve bitki yoğunluğunun kuru fasulyenin biyolojik verim ve bazı fenolojik özellikleri üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

MATERİYAL VE YÖNTEM

Materyal

Araştırma, Nevşehir Derinkuyu ilçesinde çiftçi koşullarında bitkisel üretim alanlarında yürütülmüştür. Denemede Nevşehir Derinkuyu bölgesinde yaygın olarak ekilen Alberta fasulye çeşidi kullanılmıştır.

Nevşehir ili iç Anadolu iklim bölgesinde olmakla birlikte yazları sıcak ve kurak kışları soğuk ve yağışlıdır. Deneme yerinin aylık toplam yağış miktarı, nispi nem ve aylık ortalama sıcaklık özellikleri Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınmıştır ve değerler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Denemenin Yürütüldüğü Nevşehir İli 2018 Ve Uzun Yıllar Ortalamasına Ait İklim Değerleri

	Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)			Aylık Toplam Yağış(mm)		
	Uzun	2018	Fark	Uzun Yıllar	2018	Fark
Ocak	-0.3	1.07	1.37	43.3	72.3	29
Şubat	1.0	6.55	5.55	40.9	12.8	-28.1
Mart	5.0	10.04	5.04	47.0	56.4	9.4
Nisan	10.1	13.17	3.07	49.5	12.8	-36.7
Mayıs	14.4	16.32	1.92	57.8	47.5	-10.3
Haziran	18.2	20.28	2.08	34.1	46	11.9
Temmuz	21.3	23.5	2.2	8.3	1.2	-7.1
Ağustos	21.2	22.6	1.4	4.5	3.6	-0.9
Eylül	17.3	18.88	1.58	12.1	0.9	-11.2
Ekim	12.1	13.39	1.29	30.4	57.4	27
Kasım	6.4	7.07	0.67	35.1	8	-27.1
Aralık	1.8	2.5	0.7	49.8	103.4	53.5

Tablo 2. Deneme Alanının Fiziksel Ve Kimyasal Özellikleri

Özellikler	20 cm Derinlik
PH	8.0
Toplam Tuz %	0.012
Organik Madde %	0.35
Fosfor ((P ₂ O ₅)kg/da) %	2.17
Potasyum (K ₂ O (kg/da) %	101.2
Kireç % (CaCO ₃)	16.3
Doygunluk %	34
Azot %	0.098

Deneme alanı toprağının kimyasal ve fiziksel özelliklerini belirlemek için deneme alanının farklı noktalarından 0-30 cm derinlikten toprak örnekleri alınmıştır. Toprak analizi, sonuçları

Tablo 2.' de verilmiştir. Tablo 2. incelendiğinde toprak analizi sonuçlarına göre organik madde bakımından zayıf olduğu görülmektedir. Potasyum, fosfor ve yönünden bakıldığında ise orta düzeyde, kalsiyum bakımından ise zengin olduğu anlaşılmaktadır. Deneme alanının hafif alkali ve tınlı toprak yapısına sahiptir. Toprağın kimyasal ve fiziksel özelliklerini Kaçar, (1995)'e göre yorumlanmıştır.

Yöntem

Çalışmada, beş farklı ekim zamanını (20 Nisan, 4 Mayıs, 18 Mayıs, 1 Haziran ve 15 Haziran) ana parsellere ve beş farklı ekim sıklıkları ise (40x8, 40x10 40x12, 40x14 ve 40x16) alt parsellere yerleştirilmiştir. Çalışmada sıra arası sabit 40 cm olarak belirlenmiş olup sıra üzeri ise beş farklı seviyede (8, 10, 12, 14 ve 16 cm) belirlenmiştir. Farklı ekim sıklıklarına bağlı olarak atılacak tohumluk miktarları 40x8 cm 11.2 kg/da tohum, 40x10 cm 9.0 kg/da tohum, 40x12 cm 7.5 kg/da tohum, 40x14 cm 6.4 kg/da tohum, 40x16 cm 5.6 kg/da olarak belirlenmiştir. Araştırma, Tesadüf Bloklarında Bölünmüş Parseller Deneme Desenine göre üç tekrarlamalı olarak yürütülmüştür.

Parsellerde sıra uzunlukları 5 m olacak şekilde yapılmıştır. Her parselde 5 bitki sırasından oluşmuştur. Parseller arasında bırakılacak mesafe ise 40 cm olmuştur. Bloklar arasında ise 2.5 metre aralık bırakılmıştır. Deneme, faktör kombinasyonlarına bağlı olarak her blokta 25 parsel olmak üzere toplam 75 parselden oluşturulmuştur.

Araştırmada İncelenen Özellikler: Her parsel için incelenen özellikler her parselde orta sırada yer alan bitkilerden tesadüfî olarak belirlenen örnek bitkilerde aşağıda verildiği gibi belirlenmiştir.

Çıkış süresi (gün): Ekimden itibaren her parselde ekilen tohumların % 50'sinin çıkışına kadar geçen süre "gün" sayısı olarak kaydedilecektir. Çiçeklenme süresi (gün): Ekimden itibaren her parseldeki bitkilerin % 50'sinde çiçeklenmenin başlamasına kadar geçen süre "gün" sayısı olarak kaydedilecektir. Bakla bağlama süresi (gün): Her parseldeki bitkilerin ekimden % 50 bakla bağlama dönemine kadar geçen süre "gün" olarak kaydedilecektir. Vejetasyon süresi (gün): Ekimden itibaren her parselde bitkilerin % 90'ının hasat olgunluğuna erişmesine kadar geçen süre "gün" sayısı olarak kaydedilecektir. Biyolojik verim (kg/da): Her parselde kenar tesiri çıkarıldıktan sonra geriye kalan alandaki bitkilerin hasat sonrası doğal olarak kurutulmasından sonra tartımı yapılarak birimi "kg/da" olarak kaydedilecektir.

Araştırmada Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi: Elde edilen verilerin, varyans analizleri “Tesadüf Bloklarında Bölünen Parseller” deneme desenine göre MSTAT-C paket programı kullanılarak varyans analizi yapılmıştır. Ortalamalar “DUNCAN testi” ile gruplandırılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Ekim zamanı ve bitki yoğunluğunun kuru fasulyenin fenolojik özellikleri ve biyolojik verim üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla yürütülen bu çalışma ile ilgili Varyans analiz özeti Tablo 3 de verilmiştir. Çalışma sonucunda incelenen tüm özellikler üzerine ekim zamanı ve ekim sıklıkları ve ayrıca ekim zamanı x ekim sıklıkları interaksyonu istatistiki ($P<0.01$) olarak önemli derecede etki ettikleri saptanmıştır.

Tablo 3 Varyans Analiz Sonuç Özeti

	Serbestlik Derecesi	Önemlilik				
		Çıkış Süresi (gün)	Vejetasyon Süresi (gün)	Çiçeklenme Süresi (gün)	Bakla Bağlama Süresi (gün)	Biyolojik Verim (kg/da)
Ekim Zamanı (EZ)	4	**	**	**	**	**
Sıra Üzeri (SÜ)	4	**	**	**	**	**
EZ X SÜ İnt.	16	**	**	**	**	**

Öd Önemli değil; * $p\leq 0.05$; ** $p\leq 0.01$ düzeyinde önemli

Çalışmada çıkış süresi ekim zamanı bakımından değerlendirildiğinde, erken ekim ve geç ekimde çıkış süresi diğer ekim zamanlarına göre daha geç sürede sağlandığı saptanmıştır. Çıkış süresi hava ve toprak sıcaklığına bağlı olarak ilk ekim zamanında 12,2 gün olarak tespit edilmiş olup ikinci ekim zamanında ise 15.9 gün olarak tespit edilmiştir. İkinci ekim zamanında extrem bir durum yaşanmıştır. İkinci ekim zamanında ilk ekim zamanına göre 3.7 gün daha geç çıkış süresi sağlanmış olup çalışmada en uzun çıkış süresine sahip olmuştur. Bu durum hava sıcaklığının yağışlara bağlı olarak düşmesi yanında ekimden sonra sürekli yağış alınması çıkış süresini uzatmıştır. olan önce kısalmış, sonra ise uzamıştır. Rajashekar (2014) fasulyenin toprakta su göllenmesine çok hassas olduğunu bildirmiştir. Tarla gözlemlerinde ikinci ekim zamanında parsellerde su göllenmesine rastlanmamasına rağmen. havanın hafif yağışlı ve sürekli kapalı olması çıkışın gecikmesine neden olmuştur. Çıkış süresine ekim sıklığının etkisinin de ekim zamanı gibi önemli olmuştur. En sık olan sıra üzeri uygulaması çıkış süresini kısaltmış olduğu Tablo 4.’ de görülmektedir.

Çalışmada vejetasyon süresinin ekim zamanından belirgin bir şekilde etkilendiği saptanmış olup en uzun vejetasyon süresi birinci ekim zamanında olurken. beşinci ekim zamanında hava sıcaklıklarının artmasıyla bitkiler vejetatif evreyi kısa sürede tamamlayarak generatif evreye geçmiş ve vejetasyon sürelerini en kısa sürede tamamlamışlardır. Ekim tarihi.

vejetatif ve üreme büyüme periyodu arasındaki dengeyi etkilediği için bitkisel üretimdeki en önemli agronomik faktörlerden biri olarak kabul edilir (Dube ve ark., 2014). Bitkisel üretimde maksimum verim elde etmek için, optimum ekim tarihini belirlemek önemlidir. Dikim tarihi ayrıca hasat kalitesi ve nihayetinde mahsul verimi ve kalitesi gibi diğer faktörleri de etkiler. Uygun bir ekim tarihinde ekimin iklim koşulları sıcaklıkları, nem ve gün boyu üzerinde avantaj sağladığı görülmüştür (Mirzaianasab ve Mojaddam, 2014).

Tablo 4. Ekim zamanı ve Sıra üzeri Mesafelerin Fasulyede Çıkış Süresi (gün), Vejetasyon Süresi (gün), Çiçeklenme Süresi (gün), Bakla Bağlama Süresi (gün), Biyolojik Verim (kg/da) ve Hasat İndeksine (%) İlişkin Ortalama Değerler

	Çıkış Süresi (gün)	Vejetasyon Süresi (gün)	Çiçeklenme Süresi (gün)	Bakla Bağlama Süresi (gün)	Biyolojik Verim (kg/da)	
Ekim Zamanı						
EZ ₁	12.2 c	99.6 a	39.8 a	55.8 a	491.6 b	
EZ ₂	15.9 a	91.6 b	34.6 b	46.9 b	568.8 a	
EZ ₃	9.1 e	88.8 c	30.2 d	46.0 c	441.6 b	
EZ ₄	9.7 d	82.6 d	33.4 c	44.2 e	234.2 c	
EZ ₅	12.7 b	73.5 e	30.6 d	45.0 d	181.7 c	
LSD (P <0.05)	0.357	0.193	1.130	0.423 a	54.27	
Sıra Üzeri Mesafe						
SÜ ₁	10.2 b	89.4 a	35.5 a	48.6 a	462.4 a	
SÜ ₂	12.2 a	87.7 b	34.2 b	48.4 ab	498.5 a	
SÜ ₃	12.2 a	87.6 b	34.2 b	48.0 b	373.5 b	
SÜ ₄	12.2 a	86.4 c	32.6 c	46.7 c	313.5bc	
SÜ ₅	12.7 a	85.0 d	32.0 c	46.2 d	270.1 c	
LSD (P <0.05)	0.576	0.169	0.558	0.425	62.69	
EZXSÜ İnteraksiyonu.						
EZ ₁	SÜ ₁	10.3 d	103.0 a	43.0 a	57.0 a	546.3 bcd
	SÜ ₂	12.3 c	100.0 b	43.0 a	57.0 a	578.5 bc
	SÜ ₃	12.3 c	100.0 b	43.0 a	57.0 a	491.8 cde
	SÜ ₄	12.5 bc	100.0 b	35.0 b	54.0 b	450.2 de
	SÜ ₅	13.3 b	95.0 c	35.0 b	54.0 b	391.7 ef
EZ ₂	SÜ ₁	13.0 bc	92.0 d	35.0 b	48.0 c	634.8 b
	SÜ ₂	16.3 a	92.0 d	35.0 b	48.0 c	766.0 a
	SÜ ₃	16.3 a	92.0 d	35.0 b	48.0 c	584.0 bc
	SÜ ₄	16.6 a	92.0 d	35.0 b	46.6 d	482.0 bcd
	SÜ ₅	17.0 a	90.0 e	33.0 c	44.0ef	386.0 ef
EZ ₃	SÜ ₁	7.3 f	92.0 d	31.6 c	48.0 c	567.7 bc
	SÜ ₂	9.3 e	88.0 f	30.0 d	47.0 cd	546.0 bcd
	SÜ ₃	9.3 e	88.0 f	30.0 d	45.0 e	446.7 de
	SÜ ₄	9.3 e	88.0 f	30.0 d	45.0 e	319.3 fgh
	SÜ ₅	10.0 de	88.0 f	29.0 d	45.0 e	328.3 fg
EZ ₄	SÜ ₁	8.0 f	85.0g	35.0 b	45.0 e	314.0 fgh
	SÜ ₂	10.3 d	85.0 g	33.0 c	45.0 e	302.1 fgh ₁
	SÜ ₃	10.3 d	85.0 g	33.0 c	45.0 e	215.0 hij
	SÜ ₄	10.0 de	79.0 h	33.0 c	43.0 f	202.3 ijk
	SÜ ₅	10.0 de	79.0 h	33.0 c	43.0 f	137.3 jk
EZ ₅	SÜ ₁	12.3 c	75.0i	33.0 c	45.0 e	259.3 gh ₁
	SÜ ₂	12.6 bc	73.0j	30.0 d	45.0 e	299.0 fgh ₁
	SÜ ₃	12.6 bc	73.0k	30.0 d	45.0 e	130.7 jk
	SÜ ₄	12.6 bc	73.0k	30.0 d	45.0 e	113.3 jk
	SÜ ₅	13.3 b	73.0 k	30.0 d	45.0 e	106.3 k
LSD (P<0.05)	0.983	0.379	1.249	0.952	107.2	

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (p<0.05)

Çiçeklenme süresi ekim zamanı ve ekim sıklığı bakımından değerlendirildiğinde 20 Nisan da yapılan birinci ekim zamanında çiçeklenme döneminin. düşük hava sıcaklıklarına denk gelmesi nedeniyle çiçeklenme süresinin en uzun sürdüğü. güneş ışığı süresinin ve hava sıcaklığının artmasına bağlı olarak beşinci ekim zamanında çiçeklenmenin ilk ekim zamanına göre daha kısa sürdüğü saptanmıştır. Sık ekimlerde çiçeklenme süresinin uzun sürmesi birim alandaki bitki sayısının fazla olmasına bağlı olarak gölgelenmenin mevcut çiçekleri güneş ışınlarında ve aşırı hava sıcaklığından korumasıyla açıklanmaktadır. Kuru fasulye tek yıllık bir üründür ve sıcak koşullar altında gelişir. Geliştiği optimum sıcaklıklar 18 ila 24 ° C' dir. Büyüme 20 ° C' nin altındaki sıcaklıklarda yavaşlarken. 30°C' nin üzerindeki sıcaklıklar üreme ve büyümesi için zararlı olabilir. 20°C' nin altındaki sıcaklıklar geç olgunluğa ve boş bakla gelişimine neden olabilir. Çiçeklenme sırasındaki eşik değerlerin üzerindeki sıcaklıklar çiçeklerin bozulmasına ve düşük bakla kümesine. dolayısıyla düşük verime yol açabilir (Smith. 2006).

En uzun bakla bağlama süresi birinci ekim zamanında olurken. en düşük bakla bağlama süresi ise. çiçeklenme zamanı sıcaklıkların en yüksek yaşandığı günlere denk gelen 1 Haziran da yapılan dördüncü ekim zamanında olmuştur. Bakla bağlama süresi sıcaklığın şiddetine bağlı olarak kısalmıştır.

Çalışmada biyolojik verim ekim sıklığı bakımından değerlendirildiğinde 10 cm 'lik sıra üzerine yapılan ekimde verim yüksek elde edilirken 14 cm'lik ve 16 cm' lik sıra üzerine yapılan ekimlerde en düşük verim alınmıştır. 10 cm'lik sıra üzerine ekim yapılan parsellerde dekara 9.0 kg (250 adet) tohum. 16 cm'lik sıra üzerine ekim yapılan parsellerde dekara 5.6 kg (156 adet) tohum kullanılmıştır. Buna bağlı olarak birim alandaki bitki sayısının 10 cm' lik sıra üzeri ekimlerde fazla olması ve ek olarak da 4 Mayıs'ta yapılan ikinci ekimin. iklim şartlarının da elverişli olmasıyla yüksek biyolojik verim elde edilmiştir. Gallegos ve ark. (1996). geç yapılan ekimler sonucunda kuru fasulyede verim ve verim öğelerinde direkt bir düşüş meydana geldiği belirtmiştir. Araştırmacılar. kuru fasulyede geç yapılan ekimler sonucunda. yaprak alanı. kuru madde üretimi bitki büyümesi. fotosentez miktarı ve bunun sonucunda da verimin düştüğünü ifade etmiştir.

KAYNAK LİSTESİ

- Ağsakallı. A., Acar. A., Doğan. H.M., 1990. Erzurum Şartlarında Kuru Şeker Fasulye İçin En Uygun Ekim Sıklığının Tespiti. Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Yayınları No:6. Erzurum. 24 s.
- Chatterjee R., Som M.G. 1991. Response of French bean to different rates of P, K and plant spacing. *Crop Research* 4. 214-217
- Dube. E., Sibiya. J., Fanadzo. M. 2014. Early planting and hand sorting effectively controls seed-borne fungi in farm-retained bean seed. *South African Journal of Science*. 110. 01-06.

- Gallegos. J. A. Vargas-Vazquez. P. White. J.W.. 1996. Effect of sowing date on the growt hand seed yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in highland environments. *Field Crop Res.*49. 1-10.
- Grafton. K. F., Schneiter. A. A., Nagle. B. J. 1988. Row spac-ing. plant population. and genotype row spacing interaction effects on yield and yield components of dry bean. *Agron. J.* 80:631–634.
- Isik. M.. 2001. Yemeklik Dane Bitkiler Yetiştirme Tekniği. Anadolu Tarımsal Arastırma Enstitüsü. Eskisehir
- Kacar. B. 1995. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri. III. Toprak Analizleri. Ankara Üniv. Zir. Fak. Eğt. Araş. ve Gel. Vakfı Yay. No: 3. Ankara. 705 s.
- Mirzaienasab. M.. Mojaddam. M. 2014. The effect of planting date on yield and yield components of two red bean cultivars in Azna weather conditions. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences.* 4 (3). 417-422.
- Rajashekar. C. B., Baek. K.-H., Baek. K.-H. 2014. Hydrogen peroxide alleviates hypoxia during imbibition and germination of bean seeds (*Phaseolus vulgaris* L.). *Am. J. Plant Sci.* 5. 3572–3584.
- Sepetoğlu. H. ve Altıntaş. M. 1994. Mercimekte dane verimi ve kimi agronomik özelliklerde stabilite parametrelerinin belirlenmesi üzerinde bir çalışma. Tarla Bitkileri Kongresi 25-29 Nisan 1994. Bitki Islahı Bildirileri Cilt 2. s: 116-120.
- Smith. B. 2006. The farming handbook. University of Natal Press
- Şehirali. S.. 1980. Bodur fasulyede (*Phaseolusvulgaris* L. Var. NanusDekap.) ekim sıklığının verimle ilgili bazı karakterler üzerine etkisi. Ankara Üniv. Zir. Fak. Yay.738. Bilimsel Araştırma ve İncelemeler: 429. Ankara. 55 s.

LIMITING FACTORS FOR CHERRY PRODUCTION

Dr. Arş. Gör. Servet ARAS*

Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

Dr. Arş. Gör. Hakan KELES

Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

ABSTRACT

Sweet cherry (*Prunus avium* L.) and sour cherry (*Prunus cerasus* L.) are one of the most economically important temperate zone fruit trees worldwide. Turkey is large world producer and exporter of cherries in world. Cherry production, especially of sweet cherries, has increased worldwide in the past decade as a consequence of increased consumer demand for fresh market products. Despite the increment in cherry production, many limiting factors occur during the growing seasons. Abiotic soil factors such as soil organic matter and pH influence cherry growing. Moreover, several abiotic stress factors including salinity, calcareous soil and mineral deficiencies negatively affect cherry fruit yield and quality. To deal with limiting factors of cherry growing, some treatments can be used. Different rootstocks, especially clonal ones, are used in cherry trees to gain higher fruit yield and quality under stressed-conditions. Moreover, some applications such as glycine betaine (GB), silicon (Si), proline can be utilized in order to cope with environmental limiting factors. In current review, cherry growing will be discussed and the information about current problems and managements for coping with the problems will be presented.

Keywords: Cherry; Fruit; Growing problems; Orchard

INTRODUCTION

Sweet cherry (*Prunus avium* L.) and sour cherry (*Prunus cerasus* L.) are one of the most important temperate zone fruits worldwide. Turkey is large world producer and exporter of cherries with production of 627.132 tons from 85.400 ha of harvest area in 2017 (TÜİK, 2018). All cherry species belong to the *Cerasus* subgenus of the *Prunus* genus, part of the Rosaceae family. The majority of cultivated cherry trees belong to *Prunus avium* L. and *Prunus cerasus* L. species (Dirlewanger et al., 2007). The leading sweet cherry-producing country is Turkey, followed by the USA, Iran, Italy, Spain, Chile and Ukraine. Almost 70–80% of the Turkish production is based on the cultivar ‘0900 Ziraat’ grafted on *Prunus mahaleb* and Mazzard (*P. avium*) seedling rootstocks. The second most important cultivar is ‘Stark Gold’ (6%) followed by ‘Regina’ (5%) (Bujdoso and Hrotko, 2017).

Despite increases in production area of cherry production, some limiting factors deleteriously influence cherry growing. The current review will summarize the major potential limitations in cherry production under different growing conditions.

FACTORS INFLUENCING CHERRY PRODUCTION

Wind is one of limiting factors affecting cherry trees. High winds negatively affect cherry production, fruit quality and pollination effectiveness and increase fruit abortion. Windbreak barriers against strong winds are indispensable in cherry orchards (Cittadini et al., 2005). Another problem in cherry growing is frost. Heaters and sprinkler irrigation systems can be used in order to decrease the frost damage.

Soil properties such as organic matter, soil pH, salinity and nutrient status affect cherry production. Cherry has been grown successfully in soils with organic matter contents ranging from <1% in sandy soils in warm, semi-arid regions to as high as 10% in cooler temperate regions (Nielsen et al., 2017). Cherry can exhibit micronutrient deficiencies of manganese (Mn), zinc (Zn) and iron (Fe), which are much more likely when the soil pH exceeds 7.0, especially in soil containing free calcium carbonate of pH 8.2 and higher (Melakeberhan et al., 1995; Nielsen et al., 2017). Furthermore, excess salinity causes several deleterious effects in potassium uptake, photosynthesis, metabolism, decrease in plant growth and water status (Niu et al. 1995; Yin et al. 2010; Aras and Eşitken, 2018). Mineral nutrition is important in cherry orchards. Orchard soils need to supply sufficient N for annual leaf and fruit production, with N requiring the highest concentration of all essential nutrients. Nitrogen uptake and utilization are shown in Fig. 1 for cherry trees.

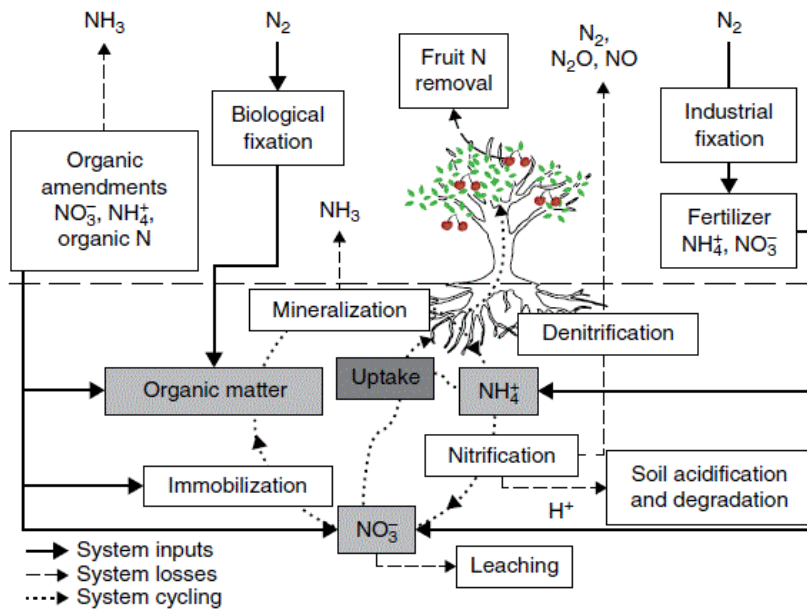


Figure.1. Potential flow of nitrogen (N) within a typical cherry orchard (Nielsen et al., 2017)

The mineral composition of leaves and fruits must be monitored in order to standardize the nutritional status of cherry orchards. Comparisons can be made to recommended ranges for most nutrients and the mineral nutrition needed by cherry trees are shown in Table 1.

Table 1. Nutrient concentration ranges for leaves and fruit of sweet and sour cherry (Neilsen et al., 2017)

Nutrient	Deficiency	Normal range	Potential toxicity
Leaf (mid-terminal shoot, mid-summer, dry-weight basis)			
Nitrogen (%)	<1.9	1.9–3.0	>3.4
Phosphorus (%)	<0.1	0.16–0.40	NE
Potassium (%)	<1.0	1.3–3.0	NE
Calcium (%)	NE	1.0–3.0	NE
Magnesium (%)	<0.24	0.3–0.6	NE
Sulfur (%)	NE	0.13–0.8	NE
Boron (p.p.m.)	<20	25–60	>80
Zinc (p.p.m.)	<10	15–70	NE
Manganese (p.p.m.)	<20	20–200	NE
Iron (p.p.m.)	NE	20–500	NE
Copper (p.p.m.)	NE	5–20	NE
Fruit (at harvest, whole fruit minus seeds and stem, fresh weight basis)			
Nitrogen (mg per 100 g)	NE	110–190	NE
Phosphorus (mg per 100 g)	NE	15–25	NE
Potassium (mg per 100 g)	NE	120–220	NE
Calcium (mg per 100 g)	NE	7–14	NE
Magnesium (mg per 100 g)	NE	7–12	NE
Boron (mg per 100 g)	NE	0.2–0.5	NE

REFERENCES

- Aras, S., Eşitken, A., 2018. Physiological Responses of Cherry Rootstocks to Short Term Salinity. *Erwerbs-Obstbau*, 60(2), 161-164.
- Bujdosó, G., Hrotkó, K., 2017. Cherry production. *Cherries: Botany, Production and Uses*; 1-13.
- Cittadini, E. D., Sanz, C. E., Pugh, A. B., Peri, P. L., Szlapelis, E., Cárcamo, M. Á., ... Muñoz, M. (2005, June). Sweet cherry production in south Patagonia, Argentina. In *V International Cherry Symposium* 795 (pp. 585-590).
- Dirlewanger, E., Claverie, J., Wünsch, A., Iezzoni, A. F., 2007. Cherry. In *Fruits and Nuts* (pp. 103-118). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Melakeberhan, H., Jones, A.L., Hanson, E. Bird, G.W., 1995. Effect of low soil pH on aluminum availability and on mortality of cherry seedlings. *Plant Disease* 79, 886–892.
- Neilsen, G. H., Neilsen, D., Forge, T., 2017. Environmental limiting factors for cherry production. *Cherries, botany, production and uses*. Centre for Agriculture and Bioscience International, Oxford, UK, 189-222.
- Niu X, Bressan RA, Hasegawa PM, Pardo JM., 1995. Ion homeostasis in NaCl stress environments. *Plant Physiol* 109:735-742.
- TÜİK, <http://www.tuik.gov.tr>.
- Yin R, Bai T, Ma F, Wang X, Li Y, Yue Z., 2010. Physiological responses and relative tolerance by Chinese apple rootstocks to NaCl stress. *Sci Hort* 126(2):247-252.

EFFECTS OF SALT STRESS IN PLANTS

Dr. Arş. Gör. Servet ARAS*

Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

Dr. Arş. Gör. Hakan KELES

Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

ABSTRACT

Salinity is one of the major abiotic stress factors in arid, semi-arid and seaside regions due to the poor drainage, excessive fertilization and coastal areas. The damage of excessive salinity on plants can be observed at the whole-plant level as the death of plants and/or decreases in crop productivity. Several detrimental influences of salinity have been demonstrated in many plants such as decrease in the photosynthesis, metabolisms, water status and plant growth, increase in reactive oxygen species (ROS) leading cellular damage through oxidation of lipids. Plant adaptation or tolerance to salinity stress involves complex physiological and biochemical processes. The plants reveal many physiological and biochemical responses as a defense mechanism to cope with the malignant effects of salinity, such as accumulation of proline, glycine betaine, synthesizing of antioxidants against ROS. A comprehensive understanding on how plants respond to salinity stress at different levels combining with physiological and biochemical techniques are imperative for the development of salt-tolerant varieties of plants in salt-affected areas. Current review has identified various adaptive responses to salinity stress at molecular, cellular, metabolic, and physiological levels and provided a comprehensive review of major researches on biochemical, physiological, and molecular mechanisms regulating plant adaptation and tolerance to salinity stress.

Keywords: Chloride; Salt Stress; Sodium

INTRODUCTION

Salt stress is one of the abiotic stress factors restricts plant growth and fruit yield and quality. Irrigation combined with poor drainage, excessive fertilization and growing near seashore lands are among the sources of soil salinity (Aras and Eşitken, 2018). Salt stress causes a decrease in fruit yield and quality in many crops. The deleterious influences of salt stress on plants can be monitored at the whole-plant level as the death of plants and/or decreases in productivity. The malignant effects of salinity on plant growth are associated with decrease in osmotic potential of soil solution (water stress), nutritional imbalance, specific ion effect (salt stress) (Levitt, 1980; Grattan and Grieve, 1992). Many malignant effects of salt stress have been demonstrated in many plants including decline in the photosynthesis, metabolisms, water status and plant growth, increment in reactive oxygen species (ROS) leading cellular damage through oxidation of lipids and protein (Niu et al., 1995; Foyer and Noctor, 2000; Yin et al., 2010). Moreover, higher accumulation of sodium (Na) ion possesses the detrimental effects on cell membrane affecting metabolic activities (Zhu, 2001).

The plants reveal several physiological and biochemical responses to cope with the deleterious effects of salt stress, such as accumulation of proline, glycine betaine, synthesizing of antioxidants against ROS (Khan et al., 2012). Moreover, the most promising avenue for improving plant tolerance against stress factors is the use of the stress-tolerant rootstocks (Aras and Eşitken, 2018; Aras and Keles, 2019). Therefore, the proper choice of rootstock is

fundamental for increasing salinity tolerance. In the current paper, we reviewed salinity damage, responses of plants to salt stress and how to relieve the salinity damages.

DETRIMENTAL EFFECTS OF SALINITY ON PLANTS

Salinity of soil and water is caused by the presence of excessive amounts of salts. Most commonly, high contents of Na^+ and Cl^- cause the salt stress. The detrimental effect can be observed as death of plants (Parida and Das, 2005). Salinity stress results in a clear depress in plant growth (Aras and Eşitken, 2018). Salt stress also results in a considerable decrease in the fresh and dry weights of leaves, stems, and roots (Chartzoulakis and Klapaki, 2000). It is well-established that crop performance may be adversely affected by salinity induced nutritional disorders. However, the relations between salinity and mineral nutrition of crops are very complex. The nutritional disorders may result from the effect of salinity on nutrient availability, competitive uptake, transport or distribution within the plant. Many experiments showed that salinity reduces nutrient uptake and accumulation of nutrients into the plants (Grattan and Grieve, 1992).

Salt stress can lead to stomatal closure, which reduces gas exchange in the leaves and inhibits carbon fixation, exposing chloroplasts to excessive excitation energy which in may turn increase the generation of reactive oxygen species (ROS) (Arbona et al., 2005; Levy and Syvertsen, 2004). ROS are highly reactive and may cause cellular damage through oxidation of lipids, proteins and nucleic acids (Pastori and Foyer 2002). Moreover, the chlorophyll and total carotenoid contents of leaves decrease in general under salt stress (Aras et al., 2019).

Lipids are rich in these bonds and are a primary target for oxidative reactions. The lipid content decreases at high concentrations of NaCl (Aras et al., 2019). Besides that, high salt (NaCl) uptake competes with the uptake of other nutrient ions, especially K^+ , leading nutritional imbalance. Increased treatment of NaCl induces increase in Na^+ and Cl^- and decrease in Ca^{2+} , K^+ , and Mg^{2+} levels in a number of plants (Khan et al., 1999).

APPLICATIONS TO MITIGATE DELETERIOUS EFFECTS OF SALINITY

Numerous research results have indicated that exogenous application of osmoprotectants, plant hormones, antioxidants, signaling molecules, polyamines and trace elements provided significant protection against salt-induced damages in plants. These protectants enhance salt stress tolerance by enhancing their germination, growth, development, photosynthesis, antioxidative capacities and yield.

The application of silicon (Si) plays critical roles in plant tolerance to salt stress (Coskun et al. 2016; Aras and Eşitken 2018a). Si is the second most abundant element on earth and plays an important role in stress tolerance, flowering and fruit quality (Dehghanipoodeh et al. 2016; Kim et al. 2017). Furthermore, Si is involved in cell wall reinforcement due to deposition of Si in epidermal cells to form a barrier (Romero-Aranda et al. 2006). Salicylic acid (SA) plays an important role in the regulation of plant growth, development and responses to abiotic stresses (Noreen and Ashraf, 2008; Miura and Tada, 2014). Application of exogenous SA enhanced the salt stress resistance of many plants (Nazar et al., 2011; Aras and Eşitken, 2019). SA could increase chlorophyll content and maintain the stability of cell membrans, which was beneficial to plant growth under salinity condition (Gunes et al., 2007; Szepesi et al., 2009).

Nitric oxide (NO) and its donors such as sodium nitroprusside (SNP), S-nitro-Nacetylpenicillamine (SNAP) help plant growth and development under stress conditions

(Bellin et al., 2013; Jian et al., 2016). In previous studies, it has been demonstrated that NO is involved in many processes of plants such as induction in cell death (Pedroso and Durzan, 2000), stomatal movement (Garcia-Mata and Lamattina, 2007), photosynthesis regulation (Takahashi and Yamasaki, 2002).

REFERENCES

- Aras, S. and Eşitken, A., 2019. Dry Matter Partitioning and Salt Tolerance via Salicylic Acid Treatment in Strawberry Plant Under Salt Stress. *Kahramanmaraş Sutcu Imam University Journal of Agriculture and Nature*, 22: 337-341.
- Aras, S. and Keles, H., 2019. Responses of Apple Plants to Drought Stress. *Journal of Agricultural Studies*, 7(3): 154-160.
- Aras, S., and Eşitken, A., 2018. Physiological Responses of Cherry Rootstocks to Short Term Salinity. *Erwerbs-Obstbau*, 60: 161-164.
- Aras, S., Keles, H., Eşitken, A., 2019. SNP Mitigates Malignant Salt Effects on Apple Plants. *Erwerbs-Obstbau*, Accepted.
- Arbona, V., Iglesias, D.J., Jacas, J., Primo-Millo, E., Talon, M., Gomez-Cadenas, A., 2005. Hydrogel substrate amendment alleviates drought effects on young citrus plants. *Plant Soil* 270, 73–82.
- Bellin, D., Asai, S., Delledonne, M., Yoshioka, H., 2013. Nitric oxide as a mediator for defense responses. *Mol. Plant-Microbe Interact.* 26, 271–277.
- Chartzoulakis, K., & Klapaki, G. (2000). Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Scientia horticulturae*, 86(3), 247-260.
- Dehghanipoodeh, S., Ghobadi, C., Baninasab, B., Gheysari, M. and Bidabadi, S. S. (2016). Effects of potassium silicate and nanosilica on quantitative and qualitative characteristics of a commercial strawberry (*Fragaria×ananassa* cv.‘camarosa’). *Journal of Plant Nutrition*, 39(4), 502-507.
- Foyer, C. H., Noctor, G., 2000. Oxygen processing in photosynthesis: regulation and signalling. *New Phytol.* 146, 359-388.
- García-Mata, C., Lamattina, L., 2007. Abscisic acid (ABA) inhibits light-induced stomatal opening through calcium- and nitric oxide-mediated signaling pathways. *Nitric Oxide* 17, 143–151.
- Grattan, S.R., Grieve, C.M., 1992. Mineral element acquisition and growth response of plants grown in saline environments. *Agric. Ecosyst. Environ.* 38, 275–300.
- Gunes A, Inal A, Alpaslan M, Eraslan F, Bagci EG, Cicek N 2007. Salicylic Acid Induced Changes on Some Physiological Parameters Symptomatic For Oxidative Stress and Mineral Nutrition In Maize (*Zea mays* L.) Grown Under Salinity. *Journal of Plant Physiology*, 164(6): 728-736.
- Jian, W., Zhang, D. W., Zhu, F., Wang, S. X., Pu, X. J., Deng, X. G., Luo, S. S., Lin, H. H., 2016. Alternative oxidase pathway is involved in the exogenous SNP-elevated tolerance of *Medicago truncatula* to salt stress. *J. Plant Physiol.* 193, 79-87.
- Khan, M. N., Siddiqui, M. H., Mohammad, F., Naeem, M., 2012. Interactive role of nitric oxide and calcium chloride in enhancing tolerance to salt stress. *Nitric Oxide* 27, 210-218.
- Khan, M.A., Ungar, I.A., Showalter, A.M., 1999. Effects of salinity on growth, ion content, and osmotic relations in *Halopyrum mocroronatum* (L.) Stapf. *J. Plant Nutr.* 22, 191–204.
- Kim, Y. H., Khan, A. L., Waqas, M. and Lee, I. J. (2017). Silicon regulates antioxidant activities of crop plants under abiotic-induced oxidative stress: a review. *Frontiers in Plant Science*, 8, 510.

- Levitt J., 1980. Responses of Plants to Environmental Stresses: Water, Radiation, Salt and Other Stresses. Vol. 2. New York: Academic Press; pp. 365–402.
- Levy, Y., Syvertsen, J.P., 2004. Irrigation water quality and salinity effects in citrus trees. *Hortic. Rev.* 30, 37–82.
- Niu, X., Bressan, R. A., Hasegawa, P. M., Pardo, J. M., 1995. Ion homeostasis in NaCl stress environments. *Plant Physiol.* 109, 735-742.
- Parida, A. K., & Das, A. B. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and environmental safety*, 60(3), 324-349.
- Pastori GM, Foyer CH (2002) Common components, networks, and pathways of cross-tolerance to stress. The central role of “Redox” and abscisic acid-mediated controls. *Plant Physiol* 129:460–468.
- Pedroso, M. C., Durzan, D. J., 2000. Effect of different gravity environments on DNA fragmentation and cell death in *Kalanchoe* leaves. *Annals Bot.* 86, 983–994.
- Romero-Aranda, M.R., Jurado, O. and Cuartero, J. (2006). Silicon alleviates the deleterious salt effect on tomato plant growth by improving plant water status. *Journal of Plant Physiology*, 163, 847-855.
- Szepesi Á, Csiszár J, Gémes K, Horváth E, Horváth F, Simon ML, Tari I 2009. Salicylic Acid Improves Acclimation to salt stress by Stimulating Abscisic Aldehyde Oxidase Activity and Abscisic Acid Accumulation, and Increases Na⁺ Content in Leaves without Toxicity Symptoms in *Solanum lycopersicum* L. *Journal of Plant Physiology*, 166(9): 914-925.
- Takahashi, S., Yamasaki, H., 2002. Reversible inhibition of photophosphorylation in chloroplasts by nitric oxide. *FEBS Lett.* 512, 145–148.
- Yin, R., Bai, T., Ma, F., Wang, X., Li, Y., Yue, Z., 2010. Physiological responses and relative tolerance by Chinese apple rootstocks to NaCl stress. *Sci. Hort.* 126, 247-252.
- Zhu, J. K., 2001. Plant salt tolerance. *Trends Plant Sci.* 6, 66–71.

EFFECT OF DROUGHT STRESS ON PEACH CULTIVAR “CRESTHAVEN” GRAFTED ONTO GARNEM AND GF677 ROOTSTOCKS

Dr. Arş. Gör. Servet ARAS*

Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

Dr. Arş. Gör. Hakan KELES

Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

ABSTRACT

Drought is a major abiotic stress for plant survival and severely impacts on the yield and quality in agricultural production systems. Peach growing may be restricted due to drought stress in world. Drought stress is commonly the limiting factor in intensive peach orchards due to high temperatures and water deficit in the summer. To deal with drought stress, drought-tolerant rootstocks can be utilized. To evaluate the effect of drought stress on peach plants, two different drought levels and a control were applied to peach cultivar Cresthaven grafted onto Garnem and GF677 rootstocks. The saplings were planted 10 L plastic pots. The experimental design was randomized complete block in three replications with three plants per replicate. Plants were well irrigated and drained until the start of the drought experiment. Peach plants were imposed to drought stress by withholding water for 5 and 8 days under greenhouse conditions, while the control was continued watering. The data were recorded 5 (moderate drought stress) and 8 (severe drought stress) days after the drought stress treatment. End of the experiment, SPAD value (relative chlorophyll content), relative antocyanin content, stomatal conductance and leaf temperature were measured. The parameters were discussed and compared between two rootstocks in the current study.

Keywords: Drought Stress; Peach; Rootstock

INTRODUCTION

Peach (*Prunus persica* Batsch) is one of the most important temperate zone fruit trees in the world under a wide range of climate conditions. Peach growing in several orchards can be restricted due to drought stress. Water stress is one of the most serious environmental factors limiting growth and development in higher plants (Javadi et al., 2017). Crop plants expand a number of physiological and biochemical mechanisms. To deal with drought damage, drought tolerant rootstocks can be used. Rootstocks improve tree size, fruit yield and quality. It has been demonstrated that rootstocks play a pivotal role in plant stress tolerance (Aras and Eşitken, 2018; 2019b).

The objective of this experiment was to study the influences of two different clonal rootstocks (Garnem and GF677) against drought stress in peach plant (*Prunus persica* Batsch) cv. Cresthaven under potted condition. Drought stress treatment was applied to peach by withholding irrigation for 5 and 8 days. The results improve the evaluation of drought tolerance of these two rootstocks.

MATERIAL AND METHODS

This study was conducted at Yozgat Bozok University. One-year-old, clonally propagated peach cv. Cresthaven (*Prunus persica* Batsch) grafted onto Garnem and GF677 rootstocks

were planted in 10 L plastic pots containing perlite in March in 2019. The experiment was designed with following a randomized plot design involving three replications, with three plants per replication. Plants were well irrigated and drained until the initiation of the drought experiment. The plants were watered regularly and fertilized once a week with Hoagland's nutrient solution. Peach plants were subjected to drought stress that involved withholding water for 5 and 8 days in the greenhouse conditions, while the control treatment was continued watering. Data were recorded 5 (moderate drought stress) and 8 days (severe drought stress) after application of drought stress.

Relative chlorophyll (SPAD) value was measured with a Minolta SPAD-502 chlorophyll meter (Minolta Camera Co, Ltd, Osaka, Japan). The ACM-200 plus Anthocyanin Content Meter was used to measure relative anthocyanin content. Stomatal conductivity and leaf temperature were conducted on the youngest fully expanded leaves on upper branches of the plants with leaf porometer (Li-COR).

RESULTS and DISCUSSION

Some leaf properties were measured to define the influence of drought stress on peach plants following 5 and 8 days of drought treatments. Both rootstocks were significantly affected under drought conditions. Both moderate and severe drought stress caused a decrease in SPAD, anthocyanin and stomatal conductance values, while leaf temperature increased by drought conditions (Table 1).

Table 1. Effect of drought stress on SPAD, anthocyanin content, stomatal conductance and leaf temperature

Variety/Rootstock	Treatments	SPAD	Antocyanin	Stomatal conductance	Leaf temperature
Cresthaven/Garnem	Control	43.7 a	10.1 a	74.5 a	36.5 ^{NS}
	Moderate Drought	39.8 b	9.6 a	15.0 b	36.8
	Severe Drought	33.3 c	8.1 b	14.6 b	36.6
Cresthaven/GF677	Control	44.7 a	9.6 a	180.7 a	36.3 ^{NS}
	Moderate Drought	41.1 ab	8.3 b	15.8 b	37.8
	Severe Drought	37.5 b	7.2 b	14.4 b	36.7

Means separation within the columns and line by Duncan's multiple range test ($P < 0.05$). NS-not significant

SPAD value represents a parameter to evaluate the chlorophyll content. Several studies demonstrated that chlorophyll content decreases under drought stress conditions (Hamann et al., 2018; Bhusal et al., 2019). Similar with chlorophyll pigment, anthocyanins also decrease under drought stress (Aras and Keles, 2019). In the current experiment both SPAD and anthocyanin values decreased under drought stress conditions. Severe drought stress caused decrease in SPAD value in Cresthaven grafted onto Garnem and GF677 by 23.8 and 16.1 %, respectively. Furthermore, severe drought stress declined anthocyanin content in Garnem and GF677 by 19.8 and 25.0 %, respectively.

Decline in stomatal conductance is a defense mechanism to avoid water loss from leaf surface (Mahouachi, 2009). Stomatal conductance is a suitable marker for drought stress (Aras and Keles, 2019). Many studies reported that drought stress causes decrease in stomatal conductance in order to save water in the leaves (Espadafor et al., 2017; Aras and Keles, 2019). In our study, under severe drought condition, stomatal conductance decreased in

Cresthaven grafted onto Garnem by 80.4 %, while it decreased in Cresthaven grafted onto GF677 by 92.0 %.

The study showed that the effects of drought stress on plants are depending on rootstocks, severity and duration of drought stress.

REFERENCES

- Aras, S. and Keles, H., 2019. Responses of Apple Plants to Drought Stress. *Journal of Agricultural Studies*, 7(3): 154-160.
- Aras, S., and Eşitken, A., 2019a. Responses of Apple Plants to Salinity Stress. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Science*, 29 (2): 253-257.
- Aras, S., and Eşitken, A., 2019b. Responses of Cherry Plant Grafted onto CAB-6P, MaxMa 14 and Mazzard Rootstocks to Short Term Salinity. *Journal of Agricultural Studies*, 7 (3): 154-160.
- Bhusal, N., Han, S. G., Yoon, T. M., 2019. Impact of drought stress on photosynthetic response, leaf water potential, and stem sap flow in two cultivars of bi-leader apple trees (*Malus× domestica* Borkh.). *Scientia Horticulturae*, 246, 535-543.
- Espadafor, M., Orgaz, F., Testi, L., Lorite, I. J., González-Dugo, V., Fereres, E., 2017. Responses of transpiration and transpiration efficiency of almond trees to moderate water deficits. *Scientia horticulturae*, 225, 6-14.
- Hamann, F. A., Czaja, S., Hunsche, M., Noga, G., Fiebig, A., 2018. Monitoring physiological and biochemical responses of two apple cultivars to water supply regimes with non-destructive fluorescence sensors. *Scientia horticulturae*, 242, 51-61.
- Javadi, T., Rohollahi, D., Ghaderi, N., Nazari, F., 2017. Mitigating the adverse effects of drought stress on the morpho-physiological traits and anti-oxidative enzyme activities of *Prunus avium* through β -amino butyric acid drenching. *Scientia horticulturae*, 218, 156-163.
- Mahouachi, J., 2009. Changes in nutrient concentrations and leaf gas exchange parameters in banana plantlets under gradual soil moisture depletion. *Scientia horticulturae*, 120(4), 460-466.

KURAKLIK STRESİNE KARŞI SU TUTMA KAPASİTESİNİ ARTIRICILARIN KULLANIM OLANAKLARI

Dr. Hakan KELES

Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

Dr. Servet ARAS

Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

ÖZET

Çölleşme ve kuraklık dünya üzerinde yaşayan yaklaşık 1,5 milyar insanın hayatını büyük ölçüde olumsuz etkilemektedir. Her yıl dünya üzerinde 6 milyar hektar alan çölleşirken çölleşme eğilimi olan araziler dünya kara yüzeyinin % 47' sini oluşturmaktadır. Türkiye' de yarı kurak ve kuru nemli araziler toplam ülke topraklarının % 35' ini kaplamaktadır. Yapılan çalışmalarda Türkiye' de suyun %100 verimle kullanılmasıyla dahi 2030 yılında su fakiri ülkeler arasında olacağını tahmin edildiği bildirilmektedir. Kullanılabilir suyun büyük bölümü tarım alanlarında kullanılmaktadır. Su, tarımın olmazsa olmazlarından birisi olmakla birlikte kalite ve verim gibi faktörlerin birinci etkeni de suyun varlığıdır. Suyun doğru zamanda bitkilere ulaştırılmaması bitkileri su stresine sokmakta bu da bitkilerde verim düşüklüğü, hastalıklara duyarlılık ve bitki gelişiminde gerilik gibi olumsuzluklara sebep olmaktadır. Bütün bu problemler de özelde yetiştiricileri genelde ise ülke ekonomisini negatif etkilemektedir. Toprakta su varlığının daha uzun süre korunmasına ve suyun daha verimli bir şekilde ve iktisatlı olarak kullanılmasına yönelik geliştirilen bazı materyaller son yıllarda kullanılmaya ve yaygınlaşmaya başlamıştır. Organik veya inorganik materyallerden üretilen su tutucu preparatlar su için depo görevi gören, su ile temasında jel haline gelerek suyu bitkilerin ihtiyacı dahilinde bitkinin kök bölgesine geri verebilen polimerlerdir. Suyun yanında besin elementlerini de bünyelerinde tutabilen bu polimerler gübrelerin daha etkin kullanılması ve dolayısıyla tüketiminin azaltılmasına da yardımcı olabilmektedir. Bu çalışmada, su tutucu polimerler hakkında daha detaylı bilgilere yer verilmesi ve bu ürünlerin kullanım olanakları ayrıca yapılmış yeni çalışmalar hakkında bilgiler verilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kuraklık, Tarım, Su Tutucu polimerler

Usage Possibilities of Water Holding Increases Against Drought Stress

ABSTRACT

Desertification and drought adversely affect the lives of approximately 1.5 billion people living in the World. Every year, 6 billion hectares of land in the world is deserted, while the land which is decertified makes up 47% of the world land surface. Turkey's semi-arid and dry humid lands constitute 35% of the total territory. In the previous experiment, it was reported that Turkey will be in water-poor countries even if the water is used 100% efficiency. Most of the available water is used in agricultural areas. Besides water is one of the indispensable factors of agriculture, it is one of the most important inputs of fruit yield and quality. Failure to deliver water to plants at the right time puts plants under water stress, which leads to problems such as low yields, susceptibility to diseases and retardation in plant growth. All these problems negatively affect the economy of the country in general and the growers in particular. Some materials developed to protect water in the soil for longer periods and to use water more efficiently and economically have started to be used and spread in recent years. Water-retaining preparations produced from organic or inorganic materials are polymers that act as reservoirs for water, which can become gel in contact with water and return water to the root area of the plant within the need of plants. These polymers, which can contain nutrients as well as water, can help to use fertilizers more effectively and thus reduce their

consumption. In this study, it is aimed to give more detailed information about water retention polymers and to give information about the usage possibilities of these products and new studies.

Keywords: Drought, Agriculture, Waterproof polymers

GİRİŞ

Köyden kente göçlerin hızlanması tüm Dünya’ da şehirleşme hareketini artırmakta ve nüfus yoğunluğundaki artışlarla birlikte değişen yaşam standartları sonucunda sanayi üretimine ihtiyaç günden güne artmaktadır. Sanayileşme beraberinde bazı problemler getirmekte doğru bir şekilde yönetilemeyen süreç ise ekolojideki bazı dengelerin bozulmasına sebep olmaktadır. Günümüzde üzerinde sıkça durulan ve insanlığı gelecek yıllarda önemli bir şekilde etkileyecek problemlerin başında küresel ısınma gelmektedir (Kadıoğlu, 2001). Küresel sıcaklıklardaki artışlar dolayısıyla dünya genelinde su kaynaklarının varlığı ile alakalı büyük değişimler, buzulların erimesi ve dolayısıyla deniz seviyelerinde yükselmeler, iklim kuşaklarının yer değiştirmesi ve salgın hastalıklarda artış gibi ekolojiyi ve insan yaşamını direkt etkileyecek değişimlerin olması kaçınılmazdır (IPCC, 1996; Türkeş vd. 2000). Küresel iklim değişiklikleri ile meydana gelecek problemlerden en önemlisi kuraklıktır. Sosyo-ekonomik etkileri, kalıcılığı ve problemin çözümündeki zorluk sebebiyle en tehlikeli doğal afet olarak kabul görmektedir (Kadıoğlu, 2001). Kuraklık; meteorolojik, tarımsal, hidrolojik ve sosyo-ekonomik olmak üzere dört başlık altında tanımlanmıştır (Öner, 2013, Wilhite and Glantz, 1987). Bu tanımların hepsi birbiri ile ilişkili olmakla birlikte tarımsal üretimin olumsuz yönde etkilendiği tarımsal kuraklık önemli bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Yarı-kurak iklime sahip ülkemiz küresel ısınma etkileri sebebiyle gelecekte daha fazla hissedilir hale gelecek kuraklık probleminden etkilenecek risk grubunda bulunan ülkeler arasındadır (Türkeş vd. 2000).

Dünya üzerinde 250 milyon insan çölleşme problemi ile yüz yüze dünya nüfusunun bir milyardan fazla kısmı ise çölleşme riski altında bulunan bölgelerde yaşamaktadır. Dünya üzerinde bulunan kara parçalarında çölleşme gün geçtikçe artmakla birlikte bu eğilimdeki araziler ise toplam kara parçasının % 47 ‘ sini oluşturmaktadır (Madakbaş vd. 2014). Ülkemizde de kuraklığın etkileri azımsanmayacak derecelerde olmakla birlikte ülke topraklarının yaklaşık % 35’ ini yarı-kurak ve kuru-yarı nemli araziler kaplamaktadır (Türkeş, 1999). Dünya üzerinde bulunan elverişli su kaynaklarının % 70’ i tarım alanlarının sulanmasında kullanılmakta ve sulanabilen araziler toplam tarım alanlarının sadece % 16’ sını oluşturmaktadır. Geriye kalan alanlarda kuru tarım yapılmaktadır (Madakbaş vd. 2014; Kaya, 2018).

Su, tarımsal üretimin en önemli parçasıdır. Bitki verimini, gelişimini, sağlığını, ürün ve gelir kayıplarını direk etkilemektedir. Türkiye’ nin 2030-2040 yılları arasında kişi başına düşen su miktarının 1000 m³ lere düşeceği ve su fakiri ülkeler arasında olacağımızın öngörüldüğü bir zamanda suyun akıllıca ve verimli bir şekilde kullanılması elzem bir durum haline almıştır. Suyun ekonomik bir şekilde kullanımı, dünya da artmakta olan kuraklıktan en az şekilde etkilenmek gibi konularda başarı sağlamak amacıyla farklı çalışmalar yapılmakta ve bu çalışmalarda farklı preparatların kullanımı ve faydaları araştırılmaktadır.

Bu derlemede, toprağın su tutma kapasitesini artırmak için kullanılan su tutucu polimerlerin genel özellikleri, kullanım olanakları ve yapılmış çalışmalar hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

SU TUTUCU POLİMERLER ve ÖZELLİKLERİ

Günümüzde yaygın olarak kullanılan su tutucu polimerler kimyasal yapılarına göre farklılık gösterirler. En çok bilinenleri doğal, yarı-sentetik ve sentetik olmak üzere 3’ e

ayrılmaktadırlar. Nişasta içeriğine sahip doğal su tutucu polimerler tahıllardan elde edilmektedir. Yarı-sentetik polimerler önce selülozdan elde edilirler daha sonra petrokimyasallarla muamele edilirler. Daha çok bahçecilikte kullanılan sentetik polimerler ise polivinilalkol ve poliakrilamidlerden meydana gelmektedirler (Mikkelsen, 1994). Su tutucular toprak erozyonunun engellenmesini, sulama suyunun ve yağmur sularının toprakta daha uzun süre tutulmasını, toprağın havalanmasını ve topraktaki elementlerin yıkanmasının engellenmesini sağlamaktadırlar. Bu sayede hem toprak yapısının korunmasına, hem de sulama ve gübreleme maliyetlerinin düşürülmesine yardımcı olabilmektedirler (Efe, 2010). Su ile temas halinde suyu bünyelerine alarak şişerler ve jel kıvamına gelirler. Süper absorbant (su tutucu) polimerler ağırlıklarının yüzlerce kat fazlası suyu bünyelerinde hapsedebilirler ve buldukları ortama suyu yavaş yavaş verebilme özellikleri sayesinde sınırlı sulama imkanı olan bölgelerde optimum koşulları sağlayabilmektedirler. Suyu absorbe etme ve bünyelerindeki suyu ortama bırakma özelliklerini minimum 1.5-2 yıl koruyabilmektedirler (Anonim, 2019).

SU TUTUCU POLİMERLER İLE YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Su tutucular tarımsal alanlarda suyun daha etkin ve ekonomik olarak kullanılması amacıyla kullanılan malzemelerdir. Etkinliğinin ortaya konulması amacıyla bu konuda bazı çalışmalar yapılmıştır. Bunlara örnek olarak aşağıdaki çalışmalar verilebilir:

Kaya (2018), su tutucu polimerlerin antepfıstığı çöğürlerinin üretiminde kullanım olanakları üzerine yaptıkları çalışmada 5 farklı hidrojel dozuna (0 g/lt, 3 g/lt, 6 g/lt, 9 g/lt, 12 g/lt) sahip ortamlarda Siirt çeşidine ait çöğürlerin gelişim durumlarını incelemiştir. Çalışma sonucuna göre ortamlardaki hidrojel yoğunluğu arttıkça ortam neminin de arttığı belirtilmiştir. Ancak gelişim durumları üzerine yapılan incelemelerde kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en iyi gelişimin 3 g/lt hidrojel dozuna sahip ortamda olduğu belirtilmiştir.

Arıcan ve Kale (2016), 4 farklı tuzluluk seviyesindeki sulama sularının (T1; Şebeke Suyu, T2; 1.5 dS/m, T3; 3.0 dS/m T4; 5.0 dS/m) ve tarımsal amaçlı olarak piyasada satılan su tutucu maddelerin 4 farklı uygulama dozunun (H1; 0 gr/saksı, H2; 0.5 gr/saksı, H3; 1.0 gr/saksı, H4; 1.5 gr/saksı) Merit F₁ çeşidi şeker mısırı bitkisinin verimine olan etkilerini araştırmışlardır. Uygulamalar ayrı değerlendirildiğinde en iyi gelişim değerleri T1 su özelliğinden ve H2 hidrojel dozundan elde edildiği bildirilmiştir. İki uygulama birlikte değerlendirildiğinde ise T1H2 uygulaması en iyi gelişim değerlerini verdiği bildirilmiştir. Sonuçta hidrojel uygulamasının belli bir dozda olumlu etki oluşturduğu tespit edilmiştir.

Pattanaaik (2015), Khasi mandarini üzerinde ağaç başına 7 farklı hidrojel dozu (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120 g) ile yaptığı çalışmada bitkilerin verim, gelişim ve meyve kaliteleri üzerine yaptığı çalışmada 60 g dozunda hidrojel uygulamasının bu kriterler için en iyi sonucu veren uygulama olduğunu bildirmiştir.

Fagundes ve ark. (2014), 3 farklı turunçgil anacının ((Rangpur lime (Citrus limonia Osbeck), Poncirus trifoliata L. ve Sunki mandarini (Citrus sunki Hort. Ex Tanaka)) tohum çimlenmesi ve büyümesi üzerine yaptıkları çalışmalarında her saksı için uyguladıkları 0.4 gram Hidroplan-EB/HyB-M® polimeri uygulamasının tohum çıkışını arttırdığını ve Citrus anaçlarında büyüme üzerine olumlu etkiler yaptığını tespit etmişlerdir.

Szwonek (2012), Burlat kiraz çeşidi üzerine yaptığı çalışmada dikim çukurlarına 1 kg BİOTOP (organik mineral gübre) ve 160 g STOCKOSORB AGRO (su tutucu) uygulamıştır. Bu uygulamaların ayrı uygulamalarının bitki gelişimine olumlu etkilerinin olduğu belirtilmiştir. Ancak en iyi sonuçların uygulamaların birlikte kullanımından elde edildiği

tespit edilmiştir. Bu uygulama ile kontrole kıyasla gövde kesit alanının 2 kat daha büyük olduğu ve bitki veriminin kontrole göre yaklaşık 4 kat daha fazla olduğu bildirilmiştir.

SONUÇ

Dünya üzerinde bütün canlı hayatının kaynağı sudur. Gün geçtikçe kuraklığın daha hissedilir hale geldiği, kullanılabilir su kaynaklarının azaldığı dünyamızda suyun daha etkin ve ekonomik kullanımı oldukça önemlidir. Dünya üzerinde kullanılabilir su kaynaklarının % 70' inin tarımsal amaçlı kullanıldığı düşünülürse ve kuraklıktan en çok etkilenen sektörün yine tarım sektörü olduğu göz önünde bulundurulursa tarımsal üretimde su kayıplarını azaltmak ve verilen suyun da en etkili şekilde kullanılmasını sağlamak elzemdir. Yapılmış çalışmalardan da anlaşılacağı üzere su tutucu polimerlerin tarımsal amaçlı kullanımı su kullanımının etkinliği açısından oldukça olumlu sonuçlar vermektedir. Günümüzde su kaynaklarının artırılması ne kadar imkansızsa elde olan suların etkin kullanılması ve korunması su tutucu polimerler gibi uygulamalar ile bir o kadar imkan dahilinde olabilmektedir. Bu sebeple kurak iklimlerde su buharlaşması ve yüzey akıntıları ile suların kaybolmasını önleyebilecek, toprak erozyonunu engelleyebilecek ve topraktaki besin elementlerinin kaybını en aza indirerek gübre ihtiyaçlarını azaltıp toprak ve çevre bozulmalarını dolaylı yoldan minimuma indirebilecek su tutucu polimerlerin kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

Anonim (2019). Su tutucu ve önemi. <http://www.naturalaquatic.com.tr/tr/sayfa/3/su-tutucu-ve-onemi.aspx>. (Erişim Tarihi: 18.12.2019)

Arıcan, B., Kale, S. (2016). Farklı sulama suyu tuzluluğu koşullarında değişik hidrojel dozlarının Şeker Mısır (*Zea mays*) verimine olan etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 11 (1): 8-16.

Efe, B. (2010). Çim Alanlarda Bazı Su Tutucu Polimerlerin Kullanım Olanakları. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 60s.

Fagundes, M. C. P., da Silva Camilo, S., Soares, B. C., Cruz, L. I. B., Moreira, R. A., da Cruz, M. D. C. E. M. (2014). Hydrogel polymer in emergency and early growth of citrus rootstocks. African Journal of Agricultural Research, 9(35): 2681-2686.

IPCC (1996). Climate Change 1995, Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Watson R, T., et al., eds., WMO/UNEP. Cambridge University Press, New York.

Kadioğlu, M. (2001). Küresel İklim Değişimi ve Türkiye. İTÜ Meteoroloji Mühendisliği Bölümü Maslak, İstanbul

Kaya, T. (2018). Su tutucu polimerlerin antepfıstığı (*Pistacia vera* L.) çöğür üretiminde kullanım olanakları. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tez Kitabı. 52 syf.

Madakbaş, S., Önal, M. S., DüNDAR, B., Başak, H. (2014). Sututucu polimerlerinin toprak ve bitkide işlevi, çevreye etkisi ve sebzeçilikte kullanım imkânları. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 1(2), 173-179.

Mıkıcıuk, G., Mıkıcıuk, M., Hadwrot-paw, M. (2015). Influence of superabsorbent polymers on the chemical composition of strawberry and biological activity in the soil. *Folia Horticulturae*, 27(1): 63-69.

Mikkelsen, R.L. (1994). Using Hydrophilic Polymers to Control Nutrient Release. *Fert Res.*, 38:53-59.

Öner, N., Ayan, S., Sıvacıoğlu, A., İmal, B. (2013). Kuraklığın Tanımı Ve Kurak-Yarıkurak Bölgelerin Ayrımında Kullanılan Yöntemler. *Türkiye'de Yarıkurak Bölgelerde Yapılan Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Uygulamalarının Değerlendirilmesi Çalıştayı, Bildiriler Kitabı*, 1, 261–270, Nevşehir.

Öztürk, K. (2002). Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye'ye Olası Etkileri. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22 (1).

Pattanaaik S. K.W. L. (2015). Effect of hydrogel on water and nutrient management of *Citrus reticulata*. *Res.on crops*, 98-103.

Szwonek, E. (2012). Impact of a Superabsorbent Gel and Organic -Mineral Fertilizer On Growth, Yield And Quality Of Sweet Cherry Trees. *International Society for Horticultural Science*, 415-422.

Türkeş, M. (1999). Vulnerability of Turkey to Desertification with Respect to Precipitation and Aridity Conditions. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 23: 363-380.

Türkeş, M., Sümer, U. M. ve Çetiner, G. (2000). 'Küresel iklim değişikliği ve olası etkileri', Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları (13 Nisan 2000, İstanbul Sanayi Odası), 7-24, ÇKÖK Gn. Md., Ankara.

Wilhite, D., Glantz, M.R. (1987). Understanding the drought phenomenon-The role of definitions in Wilhite, David, Easterling, William, and Wood, David, eds., *Planning for drought* Boulder, Colo., Westview Press, p. 11-27.

MİKROORGANİZMA İÇERİKLİ GÜBRELER, AVANTAJLARI VE KULLANIM OLANAKLARI

Dr. Hakan KELES

Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

Dr. Servet ARAS

Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

ÖZET

Hızlı ve plansız kentleşme, yoğun sanayi faaliyetleri ve bu faaliyetler sonucu meydana gelen endüstriyel atıklar ekolojiyi olumsuz etkilemekte var olan tarım alanları gün geçtikçe azalmaktadır. Üretim amacıyla kullanılmakta olan tarım alanları ise kontrolsüz sulama, gübreleme, ilaçlama ve kültürel işlemler sebebiyle elden çıkmaktadır. Önemli tarım girdilerinden birisi olan kimyasal gübreler, uygulaması pahalı ve ciddi ekolojik sorunlara sebep olan materyallerdir. Kişilerin bireysel deneyimleri veya toprak tahlilleri sonucu toprakta eksik besin maddelerini geri kazandırabilmek için uygulanan gübreler eksiklikleri tam anlamıyla giderememekle birlikte toprak veya yer altı sularında bulaşmalara sebebiyet verebilmektedirler. Olumsuz etkilerine rağmen artan dünya popülasyonunun besin ihtiyacının karşılanması amacıyla kimyasal gübrelerin kullanımında bir artışın olacağı öngörülmektedir.

Son yıllarda artan bilinç ve çıkan yönetmelikler ile temiz ürün üretimi üzerine çabalar artmış bu kapsamda daha çevreci, insan ve diğer canlılara zararsız ürünlerin kullanımı yaygınlaşmıştır. Organik gübreler ve bitki artıklarından elde edilen materyaller toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin geliştirilmesine katkıda bulunmakla birlikte bitkilerin ihtiyaç duyduğu besinleri de sağlayabilmektedirler. Bitki gelişimini artırıcı rizobakteriler (BBAR) ve mikorizal mantarlar (mikoriza) bitki ve toprak özelliklerini geliştirdiği bilinen en yaygın biyolojik gübrelerdir. Mikoriza hifleri bitki köklerini sararak köklerin yüzey alanını ve toprağın derinliklerine uzanarak elementlerin absorpsiyonunu artırmaktadırlar ayrıca fitohormon üretimini artırarak bitki gelişimini desteklemektedirler. BBAR' ler ise atmosferdeki azotun bağlanmasına yardımcı olarak bitkilerin alabileceği forma dönüştürürler ayrıca büyümeyi teşvik eden maddeleri sentezleyerek bitkilerin gelişimine de katkıda bulunabilirler.

Bu çalışmada, çevre dostu gübreler olan mikoriza ve BBAR' lar hakkında daha detaylı bilgiler verilerek bu gübrelerin kullanım olanakları ve yapılmış çalışmalar irdelenmeye çalışılacaktır.

Anahtar kelimeler: BBAR, Mikoriza, Biyolojik Gübre

Microorganism Fertilizers, Advantages and Usage Possibilities

ABSTRACT

Rapid and unplanned urbanization, intensive industrial activities and industrial wastes generated as a result of these activities adversely affect the ecology, the existing agricultural areas are decreasing day by day. Agricultural areas that are used for production purposes are damaged due to uncontrolled irrigation, fertilization, spraying and cultural processes. Chemical fertilizers, one of the important agricultural inputs, are expensive to apply and materials that cause serious ecological problems. Fertilizers applied to recover the missing nutrients in the soil as a result of individual experiences or soil analyzes cannot completely eliminate the deficiencies also may cause contamination in soil or groundwater. Despite the negative effects, it is predicted that there will be an increase in the use of chemical fertilizers in order to meet the nutritional needs of the increasing world population.

In recent years, with increasing awareness and regulations, efforts on clean product production have increased and in this context, the use of more environmentally friendly, harmless products to human beings and other living things has become widespread. Organic fertilizers and materials obtained from plant residues contribute to the development of physical, chemical and biological properties of the soil, but also provide the nutrients needed by plants. Plant growth enhancing rhizobacteria (BBAR) and mycorrhizal fungi (mycorrhiza) are the most common biological fertilizers known to improve plant and soil properties. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and mycorrhizal fungi (mycorrhiza) are the most common biological fertilizers known to improve plant and soil properties. Mycorrhiza hyphae expanding the surface area of the roots by encompass plant roots and extending into the depths of the soil to increase the absorption of elements and also support plant growth by increasing phytohormone production. PGPRs convert nitrogen into the form that the plants can take by helping to fixing nitrogen in the atmosphere, and they can also contribute to the growth of plants by synthesizing growth promoting substances.

In this study, more detailed information about mycorrhizal and PGPRs, which are environmentally friendly fertilizers, will be given and the usage possibilities of these fertilizers will be examined.

Anahtar kelimeler: PGPR, Mycorrhiza, Biological fertilizer

GİRİŞ

Modern tarım uygulamaları ile birlikte gün geçtikçe ilaç ve gübre uygulamaları artmakta bu tip kimyasalların kullanımı ise toprak, hava ve su gibi dünyanın yaşam kaynaklarını kirletmektedir. Bunların yanı sıra küresel iklim değişikliğine bağlı iklim bozulmaları da toprak özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir. Bütün bu olumsuzlukların bir araya gelmesi tarım topraklarında tuzluluk problemi, kireçli ve elverişsiz toprak yapısı gibi durumları tetikleyerek bitki gelişimini ve verimini olumsuz etkilemektedir (Alp vd. 2016, İpek vd. 2017). Bu problemler karşısında çiftçiler çözüm için daha fazla kimyasal gübrelere sarılmakta ve bu şekilde bir kısır döngü ile tarım toprakları gün geçtikçe kullanılamaz hale gelmektedir (Youssef ve Eissa, 2014). Tarım topraklarının kirlenmesi ve özelliklerini kaybetmesi topraklarda var olan mikroorganizmaların da bu durumdan etkilenerek popülasyonlarının azalmasına yol açmaktadır.

Eğitim ve gelir seviyelerinin daha yüksek olduğu gelişmiş ülkelerde üretici ve tüketiciler doğal dengeye zararsız, çevreyi kirletmeyen, insan ve diğer canlılara toksik etki yapmayan ürünlerin üretim ve tüketimine özen göstermektedirler. Bu sistem biyolojik, ekolojik veya organik tarım olarak tanımlanmaktadır (Özyazıcı vd., 2010; Kodaş, 2011; Dursun vd., 2019). Bu üretim sistemlerinin girdileri olarak yıllardır bazı materyallerin kullanımı üzerine araştırmalar yapılmakta ve bu ürünlerin yaygınlaştırılması sağlanmaktadır. Bitki gelişimini, verimini ve sağlığını olumlu bir şekilde etkileyen, toprak yapısının ıslahıyla birlikte sürdürülebilirliğini sağlayabilen mikroorganizma içerikli gübrelerin kullanımı bu araştırmalarda her zaman başı çeken konular olmuşlardır.

Bu derleme de mikroorganizma içeren gübrelerin genel özellikleri hakkında bilgiler verilecek ve yapılmış çalışmalara değinilerek kullanım olanakları tartışılacaktır.

MİKROORGANİZMA İÇEREN GÜBRELER

Bitki Büyümesini Teşvik Eden Rizobakteriler

Bitkilerin kök kısımları yani toprakların rizosfer olarak tanımlanan bölgeleri yoğun olarak mikroorganizma popülasyonu barındırırlar. Bu mikroorganizmaların birçok görevi olmakla birlikte nihai katkıları bitkilerin gelişim, verim ve sağlıklarının düzenlenmesi ve

geliştirilmesidir (İmriz vd., 2014). Bitki büyümesini artırıcı rizobakteriler (PGPR) ve mikorizalar bunlardan en önemlileridir.

Toprak mikroorganizmalarının en büyük kısmını bakteriler oluştururlar ve önemli görevler üstlenirler. İlk defa Kloepper vd. (1980) tarafından PGPR adlandırılmış olan bu faydalı bakteriler “Probiyotik Rizobakteriler” olarak da bilinmektedirler (Ram vd., 2013). PGPR’ların oksin, sitokinin, giberallin ve etilen gibi bitkisel hormonları üretebildikleri; atmosferde serbest halde bulunan azotu toprağa bağlayabildikleri, mineral yapıda bulunan fosfatı alınabilir forma dönüştürebildikleri bilinmektedir (Çakmakçı, 2005; Boddey ve Doberner, 1995; Şahin vd., 2004). Ayrıca rizobakterilerin antibiyotik, fungusit bileşikler ve enzim sentezleyerek patojenlerle savaştığı ve birçok biyotik ve abiyotik stres unsurlarının üstesinden gelmesi için bitkilerin savunma proteinlerini sentezlemelerine yardımcı oldukları birçok çalışmada bildirilmektedir (Dey vd., 2004; Lucy vd., 2004; Çakmakçı, 2009). PGPR uygulamaları ilk olarak tek yıllık bitkiler ile başlamıştır ancak son yıllarda çok yıllık bitkilerde de uygulanması üzerine birçok çalışma bildirilmiştir.

Mikorizal Mantarlar

Hemen hemen bütün karasal iklim bitkileri ile simbiyotik bir yaşam içinde bulunan mikorizal mantarlar, çift çenekli bitkilerin % 83’ ü, tek çenekli bitkilerin % 79’ u ve açık tohumlu bitkilerin tümü genele vurulduğunda bitki topluluklarının % 90’ ı ile ortak yaşam içindedirler (Almaca, 2014). Mikorizal mantarlar ile muamele edilmiş bitki köklerinin yüzey alanları mikorizaların oluşturdukları hifler sayesinde genişler ve toprakta bulunan elementlerin alımı daha etkili bir şekilde yapılır. Mikorizal mantarların oluşturdukları hifler toprakta yayılarak bağlı bulunan fosfor, bakır, çinko ayrıca azot gibi nispeten hareketli besin elementlerini absorbe ederler ve köklere taşıyarak fakir topraklarda bitkilerin daha optimum büyüme göstermelerini teşvik ederler. Toprak tuzluluğu ve ağır metallere karşı daha dayanıklı olan mikorizalar topraktaki suyu da daha iyi absorbe ederek bitkilerin direnini de bu tip streslere karşı artırır (Türkmen vd., 2008).

PGPR’ LAR VE MİKORİZALAR HAKKINDA YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Dursun vd. (2019), iki domates çeşidinin verim ve gelişimi üzerine sera koşullarında yaptıkları çalışmalarında 3 farklı konsantrasyon (1, 3, ve 5 gL-1 ve inoküle edilmemiş kontrol grubu) ve 2 farklı bakteri içerikli gübre (A: Azotobacter spp. (1×10⁹ CFU), ve B: Bacillus subtilis ve Bacillus megatarium karışımı (1×10⁹ UFC)) kullanmışlardır. Çalışma sonucunda bütün uygulamalarda bitki verimi ve diğer parametrelerin artış gösterdiği bildirilmiştir.

Çiylez ve Eşitken (2018), yaptıkları çalışmada 3 farklı mikoriza ve 3 farklı bakteri ırkının Albion çilek çeşidinin bazı bitkisel özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda hemen tüm bakteri ve mikoriza uygulamalarının incelenen özellikleri önemli ölçüde artırdığı tespit edilmiştir. Ancak özellikle *Glomus fasciculatum* ve *Agrobacterium* A18 bakteri ırkının birlikte uygulanmasının genelde en iyi sonuçları vermiş olduğu ve bu sebeple iki faydalı mikroorganizmanın birlikte uygulanmasının çilek yetiştiriciliği için tavsiye edildiği bildirilmiştir.

İpek vd. (2017) yaptıkları çalışmada, kireçli topraklarda bakteri uygulamalarının BA-29 ve OHF-333 üzerine aşılı armut ağaçlarının demir alımına etkisini araştırmışlardır. 6 farklı bakteri ırkıyla yürütülen çalışmada bakteri ırklarının rizosferik ve apoplastik pH’ yı azaltarak FC-R aktivitesini artıran organik asitlerin salgılanmasına yardımcı olduğu ve bu sebeple bakteri ırklarının bitkilerin demir eksikliğine karşı toleranslarını artırmak suretiyle demir gübreleri yerine biyo-gübre olarak kullanılabilceği sonucunu bildirmişlerdir.

Koç vd. (2016), mikorizal mantarlar ve bitki büyümesini teşvik edici bakterilerin tuz stresi altında bulunan çilek bitkilerinde prolin içeriği, membran geçirgenliği ve bitki gelişimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. 0, 15, 30 ve 60 mM/L NaCl tuz konsantrasyonlarında yapılan deneme koşullarında bakteri uygulamalarının bitkilerin stres faktörlerini tolere etmelerine yardım etmede daha iyi etki gösterdiklerini bildirmişlerdir.

Koç vd. (2015), mikoriza ve bakterilerin ayrı ayrı ve birlikte uygulamalarının San Andreas çilek çeşidinin farklı tuz konsantrasyonları altında meyve kalitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada meyve rengi, SÇKM, titre edilebilir asitlik ve C vitamini değerleri incelenmiştir. Sonuçlara göre mikoriza ve bakterinin birlikte kullanıldığı uygulamanın en iyi sonuçları verdiği bildirilmiştir.

Turan vd. (2014), lahana fidelerinin gelişimi, besin ve hormon içerikleri üzerine *Bacillus megaterium* ırkı TV-91C, *Pantoea agglomerans* ırkı RK-92 ve *B. subtilis* ırkı TV-17C rizobakterilerinin etkisini araştırmışlardır. Sera şartlarında yapılan çalışmada bakteri ırklarının bitkilerin taze ve kuru sürgün ve kök ağırlıklarını, gövde çapını, fide yüksekliğini, klorofil değerlerini ve lahana fidelerinin yaprak alanlarını kontrol grubuna kıyasla arttırdığı bildirilmiştir.

SONUÇ

Dünya nüfusu gün geçtikçe artmakta, şehirleşme yayılmakta tarım toprakları her geçen gün daha fazla beton yığınlarının altında kalmaktadır. Artan nüfusun besin ihtiyaçlarını karşılayabilmek için birim alandan daha fazla ürün verimi zorunlu hale gelmektedir ancak bu zorunluluk yoğun tarım uygulamalarını mecburi kılmakta bu sebeple de yoğun pestisit ve kimyasal gübre kullanımı kaçınılmaz olmaktadır. Son yıllarda pek çok çalışma yoğun kimyasal kullanımının toprak, su ve canlı hayatını olumsuz yönde etkilediğiyle alakalı önemli bir farkındalık oluşturmuştur. Artan üretici ve tüketici bilinci ile bu yan etkileri en aza indirmek ve yok etmek adına araştırmacılar tarafından kimyasalların yerine geçebilecek doğa dostu ürünlerin kullanım olanakları araştırılmaktadır. Bu amaçla son yıllarda üzerinde en çok durulan konulardan birisi mikroorganizma içeren biyo-gübrelerin kullanım olanakları olmuştur. Birçok çalışmada mikoriza ve PGPR' ların uygulandığı bitkilerde gelişim, verim ve kalite parametreleri açısından olumlu etkilerinden sıkça bahsedilmiştir. Araştırmaların son yıllarda sayıca artmasına rağmen bu gübrelerin uygulamasının halen yeterli düzeyde olmadığı görülmektedir. Bu sebeple farklı türler konu alınarak çalışmaların çeşitlendirilmesi ve detaylandırılması, yeni formülasyonların geliştirilmesine yönelik çalışmaların yapılması ayrıca bu preparatların tarımsal faaliyetlerde kullanımlarının teşvik edilerek yaygınlaştırılması önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

Almaca A. (2014). Tarımsal Üretimde Mikorizanın Önemi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi* 18 (2), 56-65.

Alp, Ş., Yeler, O., Şatir, O., Aslantaş, P. (2016). Turkey's Wild Pears (*Pyrus sp.*) and Usage in Landscape Architecture. *International Conference on Natural Science and Engineering*, March 19-20, Kilis.

Boddey R.M., Döbereiner J. (1995). Nitrogen fixation associated with grasses and cereals: Recent progress and perspectives for the future. *Fert. Res.* 42, 241-250.

Çakmakçı R. (2005). Bitki Gelişimini Teşvik Eden Rizobakterilerin Tarımda Kullanımı. *Atatürk Üniv. Zir. Fak. Derg.*, 36 (1): 97-107.

- Çakmakçı R. (2009). Stres Koşullarında ACC Deaminaze Üretici Bakteriler Tarafından Bitki Gelişiminin Teşvik Edilmesi. Atatürk Üniv. Ziraat Fak.Dergisi, 40 (1), 109-125.
- Çiylez, S., Eşitken, A. (2018). Mikoriza ve BBAR Uygulamalarının Çilekte Büyüme Üzerine Etkileri. Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences, 32(3), 361-365.
- Dey, R., Pal, K.K., Bhatt, D.M., Chauhan, S.M. (2004). Growth promotion and yield enhancement of peanut (*Arachis hypogaea* L.)by application of plant growth-promoting rhizobacteria. Microbiological Research 159, 371-394.
- Dursun, A., Yildirim, E., Turan, M., Ekinci, M., Kul, R., Parlakova Karagoz, F. (2019). Determination of the Effects of Bacterial Fertilizer on Yield and Growth Parameters of Tomato. Journal of Agricultural Science and Technology, 21(5), 1227-1234.
- İmriz, G., Özdemir, F., Topal, İ., Ercan, B., Taş, M. N., Yakışır, E., Okur, O. (2014). Bitkisel üretimde bitki gelişimini teşvik eden Rizobakteri (PGPR)'ler ve etki mekanizmaları. Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi, 12(2), 1-19.
- İpek, M., Aras, S., Arıkan, Ş., Eşitken, A., Pırlak, L., Dönmez, M. F., Turan, M. (2017). Root plant growth promoting rhizobacteria inoculations increase ferric chelate reductase (FC-R) activity and Fe nutrition in pear under calcareous soil conditions. *Scientia Horticulturae*, 219, 144-151.
- Joshi KK, Kumar V, Dubey RC, Maheshwari DK. (2006) Effect of chemical fertilizer adaptive variants, *Pseudomonas aeruginosa* GRC2 and *Azotobacter chroococcum* AC1 on *Macrophomena phaseolina* causing charcoal rot of *Brassica juncea*. Korean J Environ Agric 25: 228-235.
- Kloepper, J.W., Leong, J., Teintze, M. ve Scotch, M.N. (1980). Enhanced plant growth by siderophores produced by plant growth-promoting rhizobacteria. Nature 286, 885-886.
- Koc, A., Balci, G., Erturk, Y., Keles, H., Bakoglu, N., Ercisli, S. (2016). Influence of arbuscular mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacteria on proline, membrane permeability and growth of strawberry (*Fragaria x ananassa*) under salt stress. Journal of Applied Botany and Food Quality, 89.
- Koç, A., Balcı, G., Ertürk, Y., Keles, H., Bakoğlu, N. (2015). Effects of Microorganism Application on Fruit Quality of San Andreas Strawberry Cultivars Under Different Salinity Conditions. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 8(2), 47-51.
- Kodaş, R. (2011). Tahıllarda Organik Yetiştiricilik. Tezsiz Yüksek Lisans Dönem Projesi, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara Üniversitesi.
- Lucy, M., Reed, E., Glick, B.R. (2004). Application of free living plant growth-promoting rhizobacteria. Antonie van Leeuwenhoek 86, 1-25.
- Ozyazıcı, G., Ozdemir, O., Ozyazıcı, M. A. Ustun, G. Y. (2010). The Effects of Organic Materials and Soil Regulators in Organic Hazelnut Production on Yield and Some Soil Properties. Türkiye IV. Organik Tarım Sempozyumu, 28 Haziran-1 Temmuz 2010, Erzurum.
- Ram, R.L., Maji, C., Bindroo, B.B. (2013). Role of PGPR in different crops-an overview. Indian J. Seric. 52(1):1-13.

Şahin, F., Çakmakçı, R., Kantar, F. (2004). Sugar beet and barley yields in relation to inoculation with N₂-fixing and phosphate solubilizing bacteria. *Plant Soil* 265, 123-129.

Turan, M., Ekinci, M., Yildirim, E., Güneş, A., Karagöz, K., Kotan, R., Dursun, A. (2014). Plant growth-promoting rhizobacteria improved growth, nutrient, and hormone content of cabbage (*Brassica oleracea*) seedlings. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38(3), 327-333.

Turkmen, O., Sensoy, S., Demir, S., Erdinc, C. (2008). Effects of two different AMF species on growth and nutrient content of pepper seedlings grown under moderate salt stress. *African Journal of Biotechnology* Vol. 7 (4), pp. 392-396

Youssef, M.M.A., Eissa, M.F.M. (2014) Biofertilizers and their role in management of plant parasitic nematodes. *E J Biotechnol Pharm Res* 5: 1-6

ALIÇ (*Crataegus* spp.) ' ın ANAÇ OLARAK DEĞERLENDİRİLME POTANSİYELİ

Dr. Hakan KELES

Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

Dr. Servet ARAS

Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

ÖZET

Tarım topraklarında meydana gelen tuzluluk, kireç, küresel ısınmayla daha da artan kuraklık, yanlış kültürel işlemlerin sonucu meydana gelmiş elverişsiz toprak koşulları gibi faktörler uzun süredir tarımsal üretimi sınırlayan en önemli problemler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu faktörler üretimde kayıp ve ürün kalitesinde düşüklüklere neden olarak ekonomik anlamda üreticileri zor durumda bırakabilmektedir. Bu problemlerin aşılması amacıyla birçok türde ıslah programları yürütülmüş bu sayede bazı konularda ilerleme kaydedilebilmiştir. Ekonomik anlamda değerli bir tarımsal üretim kolu olan meyvecilik için de benzer problemler süregelmiş, geliştirilen bazı yöntemlerle sorunlar giderilmeye çalışılmıştır. Anaç ıslahı meyvecilik açısından başı çeken yöntemlerden birisidir. Günümüzde birçok meyve türü için kullanılan anaçların geliştirilmesi entansif meyveciliğe geçişin en büyük adımlarından birisi olmuş, elverişsiz koşullarda dahi yetiştiriciliği mümkün kılmıştır. Anaç ıslahının temellerini seleksiyon ıslahı oluşturmaktadır. Doğal alanlarında bulunan veya tohumdan çoğaltılan tiplerin seçilimi ile anaç olma potansiyeline sahip tipler belirlenmiş ve bunlar üzerinde çalışmalar tamamlanarak amaca uygun ürünler elde edilmiştir. Doğal olarak yetişebilen birçok bitki türünün gen merkezi durumunda bulunan ülkemizde bu türlerin birçoğu hali hazırda farklı amaçlar için değerlendirilmek üzere beklemektedir. *Rosaceae* familyasına dahil olan alıç (*Crataegus* spp.) peyzaj bitkisi olarak kullanılabilmesinin yanında farmakolojik özellikleri ile de değerli bir türdür. Farklı ülkelerde birçok çalışmaya konu olmuş alıç bitkisi ülkemizde çok farklı ekolojik koşullarda karşımıza çıkabilmekte, kurak ve elverişsiz toprak koşullarına da çok iyi uyum sağladığı bilinmektedir. Doğada bulunan alıçlar, ülkemizin farklı bölgelerinde birçok kez çevirme aşılarıyla armut ve elmaya dönüştürülebilmektedir. Bu sebeple akraba meyve türleri için de önemli bir anaç materyali olarak karşımıza çıkmaktadır. Potansiyel kullanım alanlarına rağmen alıç bitkisi yeterli ilgiyi görmemiş yapılan çalışmalar belli düzeyde kalmıştır.

Bu derlemede alıcın bitkisel özellikleri ve daha önce yapılmış çalışmalara yer verilecek ayrıca uygun türler için anaç olma potansiyeli konusu tartışılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Alıç, Anaç, *Crataegus*

Evaluation of Potential of the Hawthorn (*Crataegus* Spp.) as Rootstock

ABSTRACT

Factors such as salinity, lime, more drought due to global warming, and unfavorable soil conditions caused by wrong cultural processes have long been the most important problems limiting agricultural production. These factors cause loss of production and low product quality, leaving manufacturers in a difficult position economically. In order to overcome these problems, many kinds of breeding programs have been carried out and thus some progress can be achieved. Similar problems have continued for fruit growing which is a valuable agricultural production branch and some problems have been tried to be solved with the developed methods. Rootstock breeding is one of the important methods in terms of fruit growing. Today, the development of rootstocks used for many fruit species has been one of the biggest steps in the transition to intensive fruit growing, even in unfavorable conditions

that made it possible to grow. Selection methods constitute of rootstock breeding. By selecting the species found in their natural areas or growing from seed, the species that have the potential to be rootstocks were identified and the studies were completed and the products suitable for the purpose were obtained. In our country, which is the gene center of many wild plants, many of these species are already waiting to be evaluated for different purposes. Hawthorn (*Crataegus* spp.), which belongs to the *Rosaceae* family, is a valuable species with its pharmacological properties as well as it can be used as a landscape plant. Hawthorn plants, which have been the subject of many studies in different countries, can appear in our country under very different ecological conditions and are well known to adapt to arid and unfavorable soil conditions. Hawthorns in nature can be converted into pears and apples by turning vaccines many times in different regions of our country. Therefore, it is an important rootstock material for related fruit species. In spite of its potential uses, hawthorn plants have not received sufficient attention and the studies have remained at a certain level. In this review, the plant characteristics of hawthorn and previous studies will be included and the potential for rootstock for suitable species will be discussed.

Keywords: Hawthorn, Rootstock, *Crataegus*

GİRİŞ

Meyveciliğin en önemli elemanlarından birisi kullanılacak anaç tipidir. Bahçe kurulması planlanan bölgenin durumu dikkate alınarak seçimi yapılacak anaç tipinin uygunluğu daha sonra bitki gelişimi, sağlığı ve çeşidin verimi gibi faktörleri etkilemektedir (Özongun vd., 2016).

İlk anaç geliştirme çalışmaları İngiltere East Malling Araştırma İstasyonunda başlamıştır. Bu çalışmalar sonucunda özellikle elma türü için bazı anaç tipleri geliştirilmiş, akabinde farklı çalışmalar ile armut, kiraz, erik ve şeftali gibi türler için anaçlar geliştirilerek entansif meyvecilik için büyük katkılarda bulunulmuştur (Moore ve Janick, 1983).

Anaç ıslahında en önemli amaçlar anacın uygun olmayan toprak koşullarında iyi performans gösterebilmesi, hastalık ve zararlılara dayanıklı olması, kuvvetli kök sistemi geliştirerek çeşidin gelişimini iyi anlamda etkilemesi, kurak şartlara tolerans göstermesi ve üzerine aşılana çeşit ile iyi uyum göstermesi olarak sıralanabilir (Trefois, 1995). Araştırma enstitüleri ve diğer kurumlarda geliştirilen ve 1960' lı yıllarda Amerika ve Avrupa' da yaygınlaşmaya başlayan bodur anaç kullanımı yoğun üretim ve kültürel işlemlerin daha kolay bir şekilde yapılmasına imkan kılınmış, bu teknik bilgi ve beceri isteyen sistemlerin ülkemizde yaygınlaşması 2000' li yıllarda başlamıştır (Eroğul, 2012; Özongun vd., 2016).

Doğada hali hazırda bulunan genetik kaynakların belirlenmesi, bunların takibi ve amaca uygun olanların seçilerek değerlendirilmesi ıslah programlarının ilk adımını oluşturmaktadır. Türkiye bulunduğu coğrafi konumun getirdiği avantajlar ile bitkisel kaynaklar yönünden oldukça şanslı durumda bulunmaktadır. Birçok bitki türünün gen merkezi durumunda olan Türkiye' de yabancı olarak yetişen çok değerli bitki türleri vardır (Özderin, 2014). Bu türler üzerinde bazı amaçlara yönelik seleksiyon çalışmaları yürütülmüştür ve yürütülmeye devam etmektedir. Alıç (*Crataegus* spp.) bitkisel özellikleri, aynı zamanda meyve ve yaprak gibi kısımlarının besinsel özellikleri ile son yıllarda ülkemizde ilgi görmeye başlayan yabancı bitki türlerinden birisidir. Bu derlemede alıç hakkında bilgilere yer verilerek uygun türler için anaç olarak kullanılma potansiyeli tartışılacaktır.

ALICIN BİTKİSEL ÖZELLİKLERİ

Türkiye' de Orta Anadolu, Ege, Doğu Anadolu, Akdeniz ve Kuzey Anadolu bölgelerinde yoğun olarak bulunan alıcın dünya genelinde 150-200 türü olduğu tahmin edilirken bunların 17-21' inin ülkemizde bulunduğu bildirilmektedir (Dönmez, 2004; Ercişli, 2004; Balta,

2015). Alıcın farklı kısımları kullanılarak yapılan preparatlar geleneksel tıpta farklı rahatsızlıkların (öksürük, grip, astım, kalp rahatsızlıkları, vb.) tedavisinde kullanılabilir. Ayrıca *Crataegus* türleri erozyon kontrolü, yaban hayatını destekleme ve peyzaj çalışmaları gibi alanlarda da değerlendirilebilir (Nas, 2012). Kıraç alanlarda, yüksek dağ ve yaylalarda yetişebilen ender meyve ağaçlarından olan alıcın birçok meyve türünün yaşamını sürdüremediği toprak ve iklim koşullarında dahi sağlıklı bir şekilde hayatta kalabilmekte ve yeterli meyve verimi sağlayabilmektedir (Yanar, 2012). Alıcın ekstrem şartlarda dahi sergilediği bitkisel performans yumuşak çekirdekli bazı türler için anaç olarak kullanılma potansiyelini gözler önüne sermektedir ancak bu potansiyel günümüzde yeterince ilgi görmemektedir. Ülkemizin birçok bölgesinde alıcın çevirme aşılılarıyla elma veya armuda dönüştürüldüğüne şahit olunmaktadır (Gökbnar, 2007). Alıcın özellikle insan sağlığı üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılmış birçok çalışma. Bitkisel özellikle üzerine yapılmış bazı çalışmalar olmakla birlikte özellikle anaç olarak kullanılmasına katkıda bulunabilecek çalışmalar sınırlı sayıda kalmıştır bulunmaktadır (Cai vd., 2004; Bernatoniene vd., 2008; Çelik vd., 2009; Liu vd., 2011; Okatan vd., 2017; Bektaş vd., 2017). Bu kapsamda çalışmaların yapılması ve konunun daha detaylı bir şekilde irdelenerek sonuca ulaştırılması önemli ve olumlu bazı neticelerin alınmasına katkıda bulunacaktır.

SONUÇ

Kireçli, kurak ve elverişsiz toprak koşullarında ayrıca zorlu iklim şartlarında iyi bir şekilde bitki gelişimi gösterebilen alıç uygun türler için anaç olarak değerlendirilebilir. Bu konuda yapılmış çalışmalar yetersiz kalmıştır ancak bu çalışmaların çeşitlendirilmesi üzerine yapılacak çalışmalar halihazırda değerini korumakla birlikte küresel ısınma sebebiyetiyle etki altında olan dünya için önem arz etmektedir. Bu amaçla yapılacak çalışmaların doğru planlanması konunun istenildiği şekilde neticelenmesine olanak sağlayabilir. Bu sebeple çalışmalar planlanırken amaç doğru bir şekilde belirlenmeli ve seçilecek tipler bu amaç doğrultusunda belirlenerek performansları tespit edilmelidir. Akabinde ortaya çıkarılacak tipler farklı ekolojilerde denenerek bunların uygun türlerle beraber anaç-çeşit kombinasyonlarına yönelik çalışmalar tamamlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- Balta, M. F., Karakaya, O., Ekici, G. K., 2015. Çorum'da yetişen alıçların (*crataegus* spp.) fiziksel özellikleri. Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 5(2).
- Bektaş, M., Bükücü, Ş. B., Özcan, A., Sütyemez, M., 2017. Akçadağ ve Hekimhan İlçelerinde yetişen Alıç (*Crataegus* Spp.) genotiplerinin bitki ve pomolojik özellikleri. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi-Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences, 4(4), 484-490.
- Bernatoniene J., Masteikova R., Majienė D., Savickas A., Kėvelaitis E., Bernatoniene R., Dvoráčková K., Civinskienė G., Lekas R., Vitkevičius K., Pečiūra R., 2008. Free radical-scavenging activities of *Crataegus monogyna* extracts. *Medicina* (Kaunas); 44(9)706-712.
- Cai, Y., Luo, Q., Sun, M., Corke, H., 2004. Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. *Life sciences*, 74(17), 2157-2184.
- Çelik, F., Kazankaya, A., Ercisli, S., 2009. Fruit characteristics of some selected promising rose hip (*Rosa* spp.) genotypes from Van Region of Turkey. *African Journal Of Agricultural Research* Volume: 4 Issue: 3 Pages: 236-240.
- Dönmez, A.A. 2004. The Genus *Crataegus* L. (Rosaceae) with Special Reference to Hybridisation and Biodiversity in Turkey. *Turk, J, Bot.,* 28:, s, 29-37.

- Ercisli, S. 2004. A short review of the fruit germplasm resources of Turkey. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 51(4), 419- 435.
- Eroğul, D. (2012). Kiraz Yetiştiriciliğinde Anaçların Kullanımı. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(2), 19-24.
- Liu, P., Kallio, H., Lü, D., Zhou, C., Yang, B., 2011. Quantitative analysis of phenolic compounds in Chinese hawthorn (*Crataegus* spp.) fruits by high performance liquid chromatography–electrospray ionisation mass spectrometry. *Food Chemistry*, 127(3), 1370-1377.
- Moore, J.N., Janick, J. 1983. *Methods in fruit breeding*.Purdue University Pres, West Lafayette, IN.
- Okatan, V., Gündoğdu, M., Çolak, A. M., 2017. Uşak'ta Yetişen Farklı Alıç (*Crataegus* spp.) Genotipi Meyvelerinin Bazı Kimyasal ve Pomolojik Karakterlerinin Belirlenmesi. *Iğdır Univ. J. Inst. Sci. And Tech.*, 7 (3): 39-44.
- Özongun, Ş., Dolunay, E. M., Pektaş, M., Öztürk, G., Çalhan, Ö., Ersin, A. T. A. Y. 2016. Farklı Klon Anaçları Üzerinde Bazı Elma Çeşitlerinin Verim ve Kalite Değişimleri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 53(1), 35-42.
- Özderin, S. 2014. Batı Anadolu'da Doğal Yayılış Gösteren Bazı Alıç (*Crataegus L. spp*) Taksonlarının Botanik ve Kimyasal Özellikleri. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Trefois, R. 1985. Dwarfing rootstocks for sweet cherries *Acta Hort.* 169: 147-155.
- Yanar, M. 2012. Alıç genetik kaynaklarının toplanması, muhafazası ve değerlendirilmesi. I. Ulusal Alıç Çalıştayı, s. 14-20, Malatya.

YARI KURAK MERALARDA TOPRAKLARIN BAZI FİZİKO-KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Arş Gör. Ülkü YILMAZ

Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi

Arş. Gör. Dr. Seval SÜNAL KAVAKLIGİL

Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi

Prof. Dr. Sabit ERŞAHİN

Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi

ÖZET

Yarı-kurak alanlar ülkemizin önemli bir kısmını teşkil etmekte olup, bu bölgelerde bitki örtüsünün oldukça hassas bir yapısı bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı, tipik bir yarı-kurak alan özelliği gösteren Çankırı'da bulunan bir merada meralarda bazı toprak özelliklerinin ortaya konulması ve toprak faktörleri ile bitki türleri arasındaki ilişkiyi araştırmaktır. Çalışmada, kuzeydoğu ve güneybatı olmak üzere iki farklı yamaç üzerinde birbirlerini 90 derecelik açıyla kesen eğime paralel (doğu-batı yönünde) ve eğime dik (kuzey-güney yönünde) ikişer (toplam 4) adet transekt belirlenmiştir. Her bir transekt üzerinden 5-m aralıklarla 0-5 ve 5-20 cm derinlikten toprak örnekleri alındı ve toprak örneklerinin alındığı noktalarda m²'deki bitki tür sayısı (BTS) belirlenmiştir. Alınan toprak örneklerinde fiziksel (% kil, % silt, % kum, hacim ağırlığı, tarla kapasitesi, solma noktası, bitkiye yarayışlı su içeriği, üst toprak derinliği, agregat stabilitesi) ve kimyasal özellikler (pH, EC, organik madde, kireç) belirlenmiştir. Çalışılan dört hat için ayrı ayrı, toprak özellikleri ve bitki tür sayıları arasında korelasyon analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar kullanılarak hesaplanan tanımsal istatistik analiz sonuçlarına göre bitki tür sayısının, hem ortalama değer hem de değişkenlik açısından her iki bakımda benzer olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Bitki çeşitliliği, yarı-kurak meralar, toprak özellikleri

ABSTRACT:

Semi-arid areas comprise a considerable portion of Turkey and the vegetation cover is very sensitive in these areas. This study was conducted in a typical semi-arid area on Çankırı Karatekin University Campus for the purpose of analyzing relationship between soil properties and plant species. Two transect (one normal and other parallel to the slope) was taken on north-east and another two transect were taken on south-west aspect of a small hill in the study area. Soil samples were taken from 5-m apart on each transect two different depths (0-5 and 5-20 cm) and number of plant species per square meter was determined at each sampling point. The soil samples were analyzed for physical (sand, silt, clay, bulk density, field capacity, wilting point, plant available water content, aggregation index) and chemical (pH, electrical conductivity, organic matter and CaCO₃ contents). The properties depth of topsoil was also measured at the sampling. First descriptive statistics were calculated for the soil variables and NPS. The results showed that the NPS was similar in mean and coefficient of variation on all the four transects. Results of the correlation analysis among variables and NPS showed that the correlation coefficient ranged from 0 to 0.82.

Key words: Plant diversity, Semi-arid grasslands, soil properties

Giriş

Hayvan besleme açısından önemli olan meralar aynı zamanda erozyon önleme, su kaynaklarının korunması ve geliştirilmesi, bitkisel ve hayvansal gen kaynağı olması, biyolojik çeşitlilik bakımından da oldukça önemli bir yere sahiptir (Gökkuş vd. 1993). Mera kalitesinin korunarak sürdürülebilir kullanımlarının sağlanması, hayvansal üretimin devamlılığı açısından son derece önemlidir (Vallentine 2012). Sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için ise mera amenajmanının doğru planlanması ve toprak kalitesinin düzenli takip edilmesi gerekmektedir (Klaus *et al.* 2013; Torres *et al.* 2017). Ayrıca sürdürülebilir bir mera amenajmanının uygulanabilmesi için toprağın kalitesinin korunması oldukça önemlidir (Gardi *et al.* 2002).

Fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri, merada bitki örtüsünün dağılımını etkileyen önemli faktörlerdir (McColley and Hodgkinson 2007). Meralarda bitki örtüsündeki en önemli değişkenlik sebebi, bitki besin elementi alımını kontrol eden toprak pH'sı olarak kabul edilir (Lloyd 1972). Benzer şekilde McColley and Hodgkinson (1970) bitki örtüsündeki değişimin başlıca sebebinin toprak olduğunu belirtmiştir. Helm and Box (1970) Teksas'ta yürütmüş olduğu çalışmada kireç içeriği yüksek olan meralarda buğdaygil bitki türlerinin daha büyük oranda bulunduğunu saptamışlardır. Ülkemizde de hayvancılığın büyük bir bölümü meraya bağlı yapıldığı için mera-toprak ilişkilerinin çok iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı; , bitki örtüsünün şekillenmesinde ve dağılımında etkili olan farklı toprak özelliklerinin incelenerek, , bitki tür dağılımı ve kalitesini etkileyen toprak özelliklerini belirlemektir

Materyal ve Yöntem

Materyal

Bu araştırma, Çankırı il merkezine yaklaşık 4 km mesafede bulunan Çankırı Karatekin Üniversitesi Uluyazı Kampüsü doğal merasının kuzey doğu yamacında birbirlerini 90 derecelik açıyla kesen eğime dik ve paralel olan iki hat (transekt) üzerinde yürütülmüştür. Araştırma alanının denizden yüksekliği 800 m'dir. Çalışma alanında ortalama yıllık yağış 418 mm olup, en fazla yağış 53,3 mm ile Nisan ayında, en az yağış ise 15,5 mm ile Temmuz ayında düştüğü görülmektedir. Çalışma alanında, kışlar soğuk ve yağışlı, yazlar kurak ve sıcak geçmektedir. Çankırı meteoroloji istasyonundan alınan son 10 yıllık (1999-2009) ölçümlere göre İl'de ortalama sıcaklık 11 °C'dir. Aylık ortalama sıcaklıklar -0,4 °C (Ocak) ile 23,39 °C (Temmuz) arasında değişmektedir.

Yöntem

Toprak örnekleri, Mayıs-Haziran 2011’de, doğu-batı yönünde (eğime dik) 180 m ve kuzey-güney yönünde (eğime paralel) 230 m olarak belirlenen transektler üzerinde 5 m aralıklarla iki farklı toprak derinliğinden (0-5 cm ve 5-20 cm) toplam 82 noktadan alınmıştır. Alınan toprak örneklerinden hacim ağırlıkları (Gee and Bauder 1986), tekstürü Blake and (Hartge 1986), EC (Janzen 1993) ve pH (Reed and Martens 1996), tarla kapasitesi ve daimi solma noktası (Cassel and Nielsen, 1986), agregat stabilitesi (Kemper and Rosenau, 1986), toprakların kireç (CaCO_3) içeriği Scheibler kalsimetresi yöntemine göre (Allison and Moodie, 1965), organik madde (OM), değiştirilmiş Walkey-Black metoduna göre (Nelson and Sommers, 1982) belirlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Çalışma alanında bakı faktörü dikkate alınarak yapılan örnekleme sonucu alınan toprak örneklerinde fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinden pH, toprak organik maddesi, tekstür, hacim ağırlığı, agregat stabilitesi (ASI), elektiriksel iletkenlik (EC), tarla kapasitesi solma noktası, bitkiye yararlı su içeriği, CaCO_3 (%) içeriği, üst toprak derinliği ve bitki tür sayısı incelenmiştir. Güneybatı ve Kuzeydoğu yamaçlarından alınan toprakların analiz sonuçlarına dair tanımsal istatistikleri Tablo 1’de verilmiştir. Yarı kurak bir iklime sahip çalışma alanı toprakları genel olarak düşük organik madde içeriğine (ortalama % 1,7) sahip olduğu görülmüştür.

Tablo 1. Toprak ve Bitki özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik analiz sonuçları

Toprak özellikleri	Kuzeydoğu					Güneybatı				
	En büyük	En küçük	AO	SS	VK	En büyük	En küçük	AO	SS	VK
Kil (%)	76,0	8,0	31,1	18,7	60,13	59,0	4,0	24,3	12,9	53,09
Kum (%)	83,0	3,0	42	18,1	43,10	86,0	8,0	48,9	14,1	28,83
Silt (%)	63,0	1,0	26,7	12,0	44,94	51,0	5,0	26,6	10,1	37,97
HA (g/cm^3)	1,6	1,0	1,0	0,1	10,00	1,5	1,0	1,1	0,12	10,91
TK (%)	43,0	2,0	16,6	10,4	62,65	41,0	12,0	27,0	5,6	20,74
SN (%)	46,0	2,0	23,3	11,1	47,64	24,8	4,3	16,2	1,03	6,36
BYS (%)	32,0	2,0	16,9	6,7	39,64	25,9	1,3	10,8	5,7	52,78
OM (%)	4,0	0,1	1,7	0,9	52,94	3,8	0,3	1,7	0,86	50,59
CaCO_3 (%)	29,0	2,0	10,2	5,2	50,98	17,0	3,0	8,8	3,08	35,00
pH	8,5	7,0	7,7	0,4	5,19	8,2	7,0	7,7	0,3	3,90
EC	2,32	0,1	1,6	0,6	37,50	3,39	1,0	1,9	0,4	21,05
ASI	14,0	0,1	3,5	3,8	108,7	14,9	0,59	4,3	3,9	90,70
ÜTD (cm)	13,0	4,0	7,2	1,7	23,61	16,0	5,0	9,3	1,9	20,43
BTS	7,0	0,0	3,0	1,2	40,00	6,0	0,0	3,0	1,0	31,25

AO: Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, VK: Varyasyon katsayısı, HA: Hacim ağırlığı, ASI: Agregat stabilite indeksi, TK: Tarla kapasitesi, SN: Solma noktası, BYS: Bitkiye yararlı su içeriği, OM: Organik madde, EC: Elektriksel iletkenlik, ÜTD: Üst toprak derinliği, BTS: Bitki tür sayısı

Çalışma alanında ortalama organik madde içeriği arazinin bazı noktalarında %0,1 gibi çok düşük değerler alırken, bazı örnekleme noktalarında organik madde içeriği % 4 gibi yüksek düzeylere çıktığı görülmüştür. Standart sapma, değişkenliğin birimi ile aynı birime sahip olduğundan farklı ölçü birimine (kg, cm, l, vb.) ve farklı değer büyüklüğüne (5 cm, 100L, 400 kg) sahip verilerin karşılaştırılmasında uygun olmamaktadır. Farklı verilerin birbirleri ile karşılaştırılması için varyasyon katsayısı kullanılmaktadır (Wilding *et al.* 1994).

Birçok araştırmacı toprak özelliklerindeki değişkenliği yüzde varyasyon katsayılarına göre üç gruba ayırmışlardır. Yüzde varyasyon katsayısı 15'den küçük olanlar az değişken, 16 ile 35 arası olanlar orta derecede değişken ve 36'dan büyük ise yüksek derecede değişken olarak sınıflandırılmıştır (Mulla and McBratney 2001). Her iki yamaçta da agregat stabilite indeksi (ASI)'nin en yüksek değişkenliğe, pH'nın ise en düşük değişkenliğe sahip olduğu görülmüştür (Tablo 1). Usowicz and Lipiec (2017) toprak pH'nın logaritmik bir değer olmasından dolayı diğer toprak özelliklerine kıyasla daha az değişkenlik gösterdiğini belirtmişlerdir. Bitki tür sayısı incelendiğinde ise her iki bakıda da orta düzeyde değişkenliğe sahip olduğu görülmüştür. Kuzey bakıların daha serin ve nemli olması, bitki örtüsünü artırarak toprak özelliklerinin güney bakılara oranla daha fazla gelişmesini sağlamıştır.

Değişkenler arasındaki ilişkinin derecesini belirleyebilmek için korelasyon katsayılarına bakılır. Eğer değişkenler arasındaki korelasyon kat sayısı $r=1$ ise, bu değişkenler arasında pozitif mükemmel bir ilişki olduğunu gösterir. Korelasyon katsayısı $r=-1$ ise negatif tam bir ilişki ve $r=0$ ise değişkenler arasında ilişki yok demektir. Çalışma alanından alınan örneklerde her bir yamaçta incelenen toprak özellikleri ve bitki tür sayısı arasındaki ilişkileri göstermek amacıyla korelasyon analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 2 ve Tablo 3'de verilmiştir. Kuzeydoğu bakı BTS ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler son derece zayıftır. Bu yamaçta alınan örneklerde kil ile CaCO_3 arasındaki pozitif ve kil ile EC arasındaki önemli negatif ilişki dikkat çekmektedir (Tablo 2). Kil ile kum arasındaki negatif ilişki önemli olsa da bu, beklenen bir durumdur. Çünkü tekstür üçgeninde kum, silt ve kilin toplamı 1'e eşit olduğundan, bu değerlerden birindeki bir artma doğal olarak diğerinde ya da diğer ikisinde azalmaya neden olacaktır. Dolayısıyla, kum ile kil arasındaki yüksek negatif ilişkinin pratikte fazla bir önemi yoktur. Ayrıca BTS ile EC arasındaki doğrusal ilişki önemli olup, bu ilişki özellikle dikkat çekmektedir. Toprak kil içeriği ile ÜTD arasında da orta düzeyde pozitif bir ilişki vardır. Toprak kil içeriğinin agregat oluşumu ve dayanıklılığının üzerine olumlu etkisinin buradaki toprakların aşınıp taşınmasında önleyici etki yaptığı düşünülmektedir.

Tablo 2. Kuzeydoğu bakıda toprak özellikleri ve bitki tür sayısı arasında korelasyon analiz sonuçları

	Kil (%)	Kum (%)	Silt (%)	HA (g/cm ³)	TK (%)	SN (%)	BYS (%)	OM (%)	CaCO₃ (%)	pH	EC (ds/cm)	ASI (%)	ÜTD (cm)	BTS
Kil (%)	1													
Kum (%)	-0.84*	1												
Silt (%)	-0,56	0.02	1											
HA (g/cm³)	-0.08	0.11	-0.01	1										
TK (%)	0.13	-0.04	-0.18	-0.20	1									
SN (%)	0.09	-0.008	-0.16	-0.23	0.71	1								
BYS (%)	0.07	-0.04	-0.06	-0.001	0.55	-0.18	1							
OM (%)	0.14	-0.15	-0.03	-0.42	0.19	0.18	0.04	1						
CaCO₃ (%)	0.48*	-0.43	-0.23	-0.10	0.14	0.24	-0.08	0.18	1					
pH	0.30	-0.25	-0.17	-0.14	0.14	0.07	0.11	0.26	0.09	1				
EC (ds/cm)	-0.38*	0.39	0.11	0.20	-0.14	-0.17	0.009	-0.008	-0.42	-0.35	1			
ASI (%)	0.19	-0.25	0.02	0.07	-0.05	-0.07	0.006	0.09	0.23	-0.17	-0.18	1		
ÜTD (cm)	0.29*	-0.30	-0.07	-0.20	-0.01	0.17	-0.22	0.04	0.36	0.09	-0.16	0.11	1	
BTS	-0.11	0.10	0.05	0.13	-0.03	-0.16	0.14	-0.01	-0.24	0.08	0.27*	-0.13	-0.13	1

*: p<0,05 düzeyinde önemli, HA: Hacim Ağırlığı, TK: Tarla Kapasitesi Su Miktarı, SN: Solma Noktası Su Miktarı, BYS: Bitkiye Yarayışlı Su İçeriği, ASI Agregat stabilite indeksi, OM: Organik Madde, EC: Elektriksel İletkenlik, ÜTD: Üst Toprak Derinliği, BTS: Bitki Tür Sayısı

Tablo 3. Güneybatı bakıda toprak özellikleri ve bitki tür sayısı arasında korelasyon analiz sonuçları

	Kil (%)	Kum (%)	Silt (%)	HA (g/cm ³)	TK (%)	SN (%)	BYS (%)	OM (%)	CaCO ₃ (%)	pH	EC (ds/cm)	ASI (%)	ÜTD (cm)	BTS
Kil (%)	1													
Kum %)	-0.20	1												
Silt (%)	-0.05	-0.54	1											
HA (g/cm³)	0.18	-0.06	-0.02	1										
TK (%)	0.01	-0.26*	0.27*	-0.11	1									
SN (%)	0.67*	-0.05	0.10	-0.05	0.36	1								
BYS	0.22*	-0.08	0.07	0.01	0.37	-0.32*	1							
OM (%)	-0.02	-0.11	0.20	0.08	0.03	-0.04	0.06	1						
CaCO₃ (%)	0.08	-0.18	0.14	0.20	0.18	0.02	0.16	0.10	1					
pH	-0.07	0.10	-0.10	0.26	-0.16	-0.02	-0.14	-0.14	0.11	1				
EC (ds/cm)	-0.17	0.03	0.11	-0.06	-0.002	0.007	-0.007	-0.06	-0.05	0.009	1			
ASI (%)	-0.15	-0.07	0.14	0.04	-0.10	-0.04	-0.007	0.13	0.06	-0.15	-0.10	1		
ÜTD (cm)	-0.02	-0.07	0.12	-0.09	-0.22	-0.07	-0.17	-0.01	-0.02	0.12	-0.005	-0.07	1	
BTS	0.07	-0.16	0.24*	-0.05	0.07	0.04	0.04	0.02	0.09	-0.10	-0.08	0.01	0.20	1

*: p<0,05 düzeyinde önemli, HA: Hacim Ağırlığı, TK: Tarla Kapasitesi Su Miktarı, SN: Solma Noktası Su Miktarı, BYS: Bitkiye Yarayışlı Su İçeriği, ASI Agregat stabilite indeksi, OM: Organik Madde, EC: Elektriksel İletkenlik, ÜTD: Üst Toprak Derinliği, BTS: Bitki Tür Sayısı

Güneybatı bakışında, solma noktası ve BYS arasında negatif önemli, kil ve SN arasında önemli pozitif ilişki vardır. Ancak, kuzeydoğu bakıdaki iki hatta olduğunun tersine burada kil ve EC ya da CaCO₃ arasında önemli bir ilişki yoktur. Güneybatı bakıda TK ile silt arasında pozitif, TK ve kum içeriği arasında ise negatif bir ilişki vardır (Tablo 2). Bu yamaçta BTS ile toprağın silt içeriği arasında orta düzeyde ve önemli bir ilişki vardır.

Sonuçlar

Bu çalışma ile tipik bir yarı kurak merada bakı faktörü dikkate alınarak yapılan örneklemede bazı toprak özellikleri ile bitki tür sayısı arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Agregat stabilitesi ve organik madde miktarı erozyona karşı direncin bir göstergesi olup, yarı kurak bölgelerde mera bozulmasını belirlemede önemli birer göstergedir (Bird et al. 2007). Ayrıca toprak kil içeriğinin agregat oluşumu ve dayanıklılığının üzerine olumlu etkisinin buradaki toprakların aşınıp taşınmasında önleyici etki yaptığı düşünülmektedir. Çalışma alanında en fazla *Festuca ovina* (koyun yumağı) ve *Astragalus* ssp. (Geven) bitkilerine rastlanmıştır. Koyun yumağı ve geven aşırı ve kontrolsüz otlanan alanların göstergesidir. Toprakların kireç içeriğinin bitki tür sayısı için belirleyici olduğu ve kireç içeriğinin yüksek olduğu noktalarda bitki tür sayısının genelde düşük olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde, hacim ağırlığının yüksek olduğu noktalarda da bitki tür sayısının daha düşük olduğu saptanmıştır. Eğim, bakı ve yükseklik faktörleri gerek toprak oluşumunda gerekse bitki örtüsünün dağılımında etkili faktörlerdir. Çalışma alanında eğim ve bakının hem toprak özelliklerini hem de bitki tür sayısını önemli derecede etkilediği belirlenmiştir.

Kaynaklar

- Allison, L. E. and C. D. Moodie. (1965). "Carbonate." Pp. 1379–1400 in *Methods of soil Analysis, Part 2.*, edited by C.A. Black et al. American Society of Agronomy U.S.A.
- Bird, Simon B., Jeffrey E. Herrick, Michelle M. Wander, and Leigh Murray. (2007). "Multi-Scale Variability in Soil Aggregate Stability: Implications for Understanding and Predicting Semi-Arid Grassland Degradation." *Geoderma*.
- Blake, G. and K. Hartge. (1986). "Bulk Density. Methods of Soil Analysis." *Physical and Mineralogical Methods*.
- Cassel, D. K. and D. R. Nielsen. (1986). *Methods of Soil Analysis. Part I. Physical and Mineralogical Methods-Agronomy Monograph*. American Society of Agronomy-Soil Science Society of America.
- Gardi, Ciro, Marcello Tomaselli, Vittorio Parisi, Alessandro Petraglia, and Claudio Santini. (2002). "Soil Quality Indicators and Biodiversity in Northern Italian Permanent Grasslands." *European Journal of Soil Biology*.
- Gee, G. W. and J. W. Bauder. (1986). "Particle-Size Analysis." Pp. 383–412 in *Methods of Soil Analysis. Part I: Physical and Mineralogical Methods.*, edited by A. Klute. Am. Soc. Agron., Madison,.

- Gökkuş, A., A. Koç, and B. Çomaklı.** (1993). *Çayır-Mera Uygulama Kılavuzu*. Vol. 142.
- Helm, V. and T. W. Box.** (1970). "Vegetation and Soil of Two Southern High Plains Range." *Journal Range Management* 23(6):447–50.
- Janzen, H. H.** (1993). "Soluble Salts in Soil Sampling and Methods of Analysis." in *Canadian Society of Soil Science*, edited by Carter M.R. Boca Raton, Florida. USA.
- Kemper, W. D. and R. C. Rosenau.** (1986). "Aggregate Stability and Size Distribution." Pp. 425–42 in *Methods of Soil Analysis, Part 1: Physical ve Mineralogical Methods*, edited by A. Klute. Agronomy. ASA. SSSA, Madison, WI.
- Klaus, Valentin H., Norbert Hölzel, Steffen Boch, Jörg Müller, Stephanie A. Socher, Daniel Prati, Markus Fischer, and Till Kleinebecker.** (2013). "Direct and Indirect Associations between Plant Species Richness and Productivity in Grasslands: Regional Differences Preclude Simple Generalization of Productivity-Biodiversity Relationships." *Preslia*.
- Lloyd, P. S.** (1972). "The Grassland Vegetation of the Sheffield Region: II. Classification of Grassland Types." *The Journal of Ecology*.
- McColley, Phillip D. and Harmon S. Hodgkinson.** (1970). "Effect of Soil Depth on Plant Production." *Journal of Range Management*.
- McColley, Phillip D. and Harmon S. Hodgkinson.** (2007). "Effect of Soil Depth on Plant Production." *Journal of Range Management*.
- Mulla, D. J. and Alex B. McBratney.** (2001). "Soil Spatial Variability." in *Soil Physics Companion*.
- Nelson, D. W. and L. E. Sommers.** (1982). "Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter." Pp. 539–79 in *Methods of Soil Analysis. Part 2*, edited by A. L. Page. Madison, WI.; Agron. Monogr.
- Reed, ST and DC Martens.** (1996). "Methods of Soil Analysis Part 3—Chemical Methods." *Methods of Soil Analysis Part 3—Chemical Methods*.
- Torres, María Nariné, Juan Pablo Rodríguez, and João Paulo Leitão.** (2017). "Geostatistical Analysis to Identify Characteristics Involved in Sewer Pipes and Urban Tree Interactions." *Urban Forestry and Urban Greening*.
- Usovicz, Boguslaw and Jerzy Lipiec.** (2017). "Spatial Variability of Soil Properties and Cereal Yield in a Cultivated Field on Sandy Soil." *Soil and Tillage Research*.
- Valentine, John F.** (2012). *Grazing Management*.
- Wilding, L. P., J. Bouma, and D. W. Goss.** (1994). "Impact of Satial Variability on Interpretative Modelling." Pp. 65–75 in *Quantitative Modeling of Soil Forming Processes.*, edited by R.B. Bryant and R. W. Arnold. USA: Soil Science Society of American Journal Special Publication, Madison Wisconsin,.

**GÖL SU KALİTESİNİN TROFİK DURUMUNUN
DEĞERLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN İNDEKSLER**
INDEXES USED TO ASSESS THE TROPHIC STATUS OF LAKE WATER QUALITY

Ayla Bilgin

Artvin Çoruh Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Artvin

ÖZET: Trofik durum indeksleri veri gruplandırmasını ve organizasyonunu sağlayarak su kaynakları yönetimine kılavuzluk eder. Trofik durum ekosistem işleyişi ve su kalitesi üzerindeki antropojenik etki ile derinlemesine ilişkili önemli bir özelliktir. Trofik durum ölçümleri birçok belirsizliğe maruz kalmaktadır. Analizlerin amacına bağlı olarak, modelleme dahil olmak üzere trofik durum indekslerinin kullanımını tamamlamak için başka araçlar mevcuttur. Bu çalışmada Carlson trofik durum indeksi ve trofik seviye indeksleri değerlendirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Trofik seviye indeksi, trofik durum indeksi, su kalitesi,

ABSTRACT: Trophic status indices guide water resources management by providing data grouping and organization. Trophic status measurements are exposed to many uncertainties. Depending on the purpose of the analysis, other tools are available to complement the use of trophic state indices, including modeling. In this study, Carlson trophic status index and trophic level indices were evaluated.

Key words: Trophic level index, trophic status index, water quality,

1.GİRİŞ

Ötrofikasyon süreci uzun süredir göllerde ve rezervuarlarda çalışılmıştır. Bu sayısız ötrofikasyon modelinin geliştirilmesine ve bu ortamların trofik durumlarına göre kategorize edilmesine olanak sağlamıştır. Geleneksel olarak, trofik kategoriler birincil üretkenlik değerleri, birincil üreticilerin biyokütle değerleri ve besin yükü ve / veya su kolonundaki besin konsantrasyonu ile ilgilidir (OECD, 1982).

Ötrofikasyon, su kütlelerinde doğal olarak gerçekleşen bir işlemdir. Özellikle de fosfor (P) ve azot (N) gibi sınırlandırıcı besin maddelerinin su ortamlarına girmesinden kaynaklanmaktadır. Ancak nehir havzalarında antropojenik faaliyetler (tarımsal uygulamalar, daha önce işlem görmeden sıhhi, tarımsal ve endüstriyel atık suların girmesi) bu süreci hızlandırmaktadır. Bu

faaliyetler, bu besin maddelerinin aşırı miktarda su kaynağına girmesine neden olur (Lopes et al. 2019).

Trofik durum ekosistem işleyişi ve su kalitesi üzerindeki antropojenik etki ile derinlemesine ilişkili önemli bir özelliktir (Dodds ve Cole, 2007). Trofik durum ölçümleri birçok belirsizliğe maruz kalmaktadır (Lambou ve ark. 1983). Analizlerin amacına bağlı olarak, modelleme dahil olmak üzere trofik state endekslerinin kullanımını tamamlamak için başka araçlar mevcuttur (; Zhang ve Rao, 2012),

2.GÖL SU KALİTESİ BELİRLEMEDE KULLANILAN İNDEKSLER

Trofik Durum İndeksi

Carlson (1977), bir su kütlesinin trofik halini Trofik State İndeksi (TSI) değerine göre ölçmeyi önerdi; bunlar dört temel sınıfa ayrılabilir: oligotrophic, mesotrophic, eutrophic, and hypereutrophic. Carlson'un TSI modeli, az miktarda köklü su bitkileri ve az miktarda nonalgal bulanıklığı olmayan göllerde kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Carlson trofik state indeksi bir bölgedeki gölleri karşılaştırmak ve zaman içindeki trofik durumdaki değişiklikleri değerlendirmek için kullanışlıdır (Environmental Protection Agency, 2007).

$$TSI (CHL, \mu g L^{-1}) = 10 \times [6 - (2.04 - 0.68 \ln CHL) / \ln 2] \quad (1)$$

$$TSI (TP, \mu g L^{-1}) = 10 \times [6 - \ln (48/TP) / \ln 2] \quad (2)$$

$$TSI (SD, m) = 10 \times [6 - \ln SD / \ln 2] \quad (3)$$

Tablo 1. Carlson trofik durum indeksi sınıflandırması

	TSI	SD (m)	TP (μg P/L)	Chl-a ($\mu g/L$)
Ultraoligotrophic	0	64	0.75	0.04
Ultraoligotrophic	10	32	1.5	0.12
Ultraoligotrophic	20	16	3	0.34
Oligotrophic	30	8	6	0.94
Oligotrophic	40	4	12	2.6
Mesotrophic	45	2.8	17	5
Mesotrophic	50	2	24	6.4
Eutrophic	53	1.6	30	10
Eutrophic	60	1	48	20
Hypereutrophic	70	0.5	96	56
Hypereutrophic	80	0.25	192	154
Hypereutrophic	90	0.12	384	427
Hypereutrophic	100	0.062	768	1183

Trofik Seviye İndeksi

Trofik seviye indeksi Burns et al (1999) tarafından Carlson (1977) indeksi modifiye edilerek New Zelandaki göllerin trofik durumunu belirlemek için geliştirildi. Carlson indeksi TN parametresini içermemektedir. TLI indeksi TN parametresinide içermektedir.. (Burns *et al.* 1999).

$$TLc = 2.22 + 2.54\log(Chla)$$

$$TLs = 5.10 + 2.60\log\left(\frac{1}{SD} - \frac{1}{40}\right)$$

$$TLp = 0.218 + 2.92\log(TP)$$

$$TLn = -3.61 + 3.01\log(TN)$$

$$TLI = 1/4 (TLc + TLs + TLp + TLn)$$

Tablo 2. Trofik seviye indeksi sınıflandırması

		Chla (mg/m ³)	Secchi Depth (m)	TP (mgP/m ³)	TN (mgN/m ³)
Ultra-microtrophic	0.0 to 1.0	0.13 - 0.33	31-34	0.84-1.8	16-34
Microtrophic	1.0 to 2.0	0.33-0.82	24-15	1.8-4.1	34-73
Oligotrophic	2.0 to 3.0	0.82-2.0	15-7.8	4.1-9.0	73-157
Mesotrophic	3.0 to 4.0	2.0-5.0	7.8-3.6	9.0-20	157-337
Eutrophic	4.0 to 5.0	5.0-12	3.6-1.6	20-43	337-725
Supertrophic	5.0 to 6.0	12-31.0	1.6-0.7	43-96	725-1558
Hypertrophic	6.0 to 7.0	>31	<0.7	>96	>1558

3.SONUÇLAR

Trofik seviye indeksi ve trofik durum indeksleri göl su kalitesi değerlendirilmesinde kullanılabilir fakat tek başına yeterli değildir. Parametreler arasındaki matematiksel bağıntıları hesaplayarak istatistiksel yöntemler kullanılarak değerlendirilmesi yapılması gerekmektedir. Fakat indeks metodunun kullanımı yöneticilerin başlangıç sorununu tespit etmekle başarılı olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

OECD, (1982). Eutrophication of Waters. Monitoring, Assessment and Control. Paris: OECD

Carlson, R. E. (1977). A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*, 22(2), 261–269.

Dodds, W.K. & Cole, J.J. (2007). Expanding the concept of trophic state in aquatic ecosystems: It's not just the autotrophs. *Aquatic Sciences*, 69, 427-439.

Zhang, W., & Rao, Y. R. (2012). Application of a eutrophication model for assessing water quality in Lake Winnipeg. *Journal of Great Lakes Research*, 38, 158–173.

Noel M. Burns , J. Christopher Rutherford & John S. Clayton (1999) A Monitoring and Classification System for New Zealand Lakes and Reservoirs, *Lake and Reservoir Management*, 15:4, 255-271.

EPA. (2007). Environmental Protection Agency, (2007). Aquatic biodiversity—Carlson's Trophic State Index.

GÖKSU GÖLETİ SU KALİTESİNİN TEMEL BİLEŞENLER ANALİZİ KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ EVALUATION OF WATER QUALITY OF GÖKSU LAKE BY USING PRINCIPAL COMPONENTS ANALYSIS

Ayla Bilgin

Artvin Çoruh Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Artvin

Hatice Dünder Bayraktar

Ankara Büyükşehir Belediyesi, Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı/Ankara

ÖZET: Çevre kirliliğinden etkilenen en geniş alan su kaynaklarıdır. Su kaynaklarının özelliklerinin, alansal ve zamansal değişiminin anlaşılabilmesi için, su kalitesini gösteren verilerin olması, bu verilerin de sürekli olarak toplanması gerekmektedir. Bu çalışmada, Ankara (Turkey) ilinde bulunan Göksu Parkı Susuz Göleti su kalitesi değerlendirmek amacıyla toplam 12 su kalitesi parametresi için 5 adet örnekleme noktasında Şubat 2015-Ocak 2016 tarihleri arasında 6 aylık ölçüm sonuçları kullanılmıştır. Su kalitesi parametreleri; pH, bulanıklık, kimyasal oksijen ihtiyacı, askıda katı madde, çözülmüş oksijen, biyolojik oksijen ihtiyacı, toplam azot, klorofil-a, toplam fosfor, renk, biyolojik oksijen ihtiyacı, fekal koliform ve toplam koliform sayısıdır. Su kalitesini değerlendirmek için Temel Bileşenler Analizi/Faktör Analizi yapılarak değerlendirme yapılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Faktör analizi, su kirliliği, su kalitesi,

ABSTRACT: Water resources are the largest area affected by environmental pollution. In order to understand the properties, spatial and temporal changes of water resources, there should be data showing water quality and these data should be collected continuously. In this study, in order to evaluate the water quality of Göksu Park Susuz Pond in Ankara (Turkey), 6 months of measurement results were used in 5 sampling points for 12 water quality parameters between February 2015 and January 2016. Water quality parameters; pH, turbidity, chemical oxygen demand, suspended solids, dissolved oxygen, biological oxygen demand, total nitrogen, chlorophyll-a, total phosphorus, color, biological oxygen demand, fecal coliform and total coliform number. In order to evaluate water quality, Principal Component Analysis / Factor Analysis was performed.

Key words: Factor analysis, water pollution, water quality,

1.GİRİŞ

Su kaynaklarının özelliklerinin, alansal ve zamansal değişiminin anlaşılabilmesi için, su kalitesini gösteren verilerin olması, bu verilerin de sürekli olarak toplanması gerekmektedir. Böylelikle su kaynaklarının durumları tespit edilecek ve ortaya çıkacak sorunlara karşı çözümlerin geliştirilmesi daha kolay olacaktır (Arslan and Yıldırım, 2011). Su kalite verilerinin değerlendirilmesi için her bir parametre ayrı bir yönetmelik ve standartlar tanımlanmıştır. Ölçüm yapılan su kalite parametrelerinin standartlarda verilen sınır değerler ile karşılaştırılması sonucunda, suyun kullanım amacına uygun olup olmadığı sonucuna varılmaktadır. Her bir parametre için bu tarz bir değerlendirmenin yapılması, söz konusu

suyun bazı parametreler açısından kullanılabilir, bazıları için ise kullanılamaz olması durumunu ortaya koyabilmektedir. (Barış vd, 2007).

Su kalitesi gözlem programları, insan sağlığı, ekolojik koşullar ve su kullanımının planlanması ile ilgili olarak suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik karakteristiğini belirlemek için yapılır (UGS,1995). Su kirliliği parametrelerini içeren yönetmelikler ve su kütlesi hakkında istatistiksel özetler bilim adamları için anlaşılabilir. Bununla birlikte bu bilgiler su kaynaklarının durumu hakkında su sektöründe çalışan karar vericiler ve müdürler tarafından da anlaşılmalıdır (Nasirian, 2007). Son yıllarda, çeşitli araçlar matematiksel modeller, optimizasyon yaklaşımları ve entegre karar destek sistemleri de dahil olmak üzere su kalitesi yönetimine yardımcı olmak için geliştirilmiştir (Huang ve Xia, 2001)

Bu çalışmada; Göksu Parkı Susuz Göleti'nde Şubat 2015-Ocak 2016 tarihleri arasında 6 aylık ölçüm sonuçları, faktör analizi kullanılarak su kalitesi değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Gölde çalışmanın verimini sağlayabilmek için 5 farklı istasyon belirlenmiştir. Gölün durumu göz önüne alınmış, kirletici kaynaklara olan uzaklıkları, farklı derinlikler, göleti besleyen noktalar göletin ortası ve tahliye noktası olarak istasyon noktaları tesbit edilmiştir.

Data Hazırlama

Su kalite verileri Ankara Büyükşehir Belediyesi'nden temin edilmiştir. Göl su kalitesini belirlemek için toplam 12 su kalitesi parametresi için 5 adet örnekleme noktasında 1 yıllık (2015) 6 aylık ölçüm sonuçları kullanılmıştır. Su kalitesi parametreleri; pH, bulanıklık, kimyasal oksijen ihtiyacı, askıda katı madde, çözünmüş oksijen, biyolojik oksijen ihtiyacı, Toplam azot, klorofil-a, toplam fosfor, renk, biyolojik oksijen ihtiyacı, fekal koliform ve toplam koliform sayısıdır. Numuneler 1350 g / Cam kavanoz / 4±1 °C Soğukta koruma, 1 L x 4 adet + 500 mL x 2 adet / Steril cam kavanoz + poly kap 4±1 °C ile alınarak sağlanmış beş istasyonda ayrı ayrı yapılarak alınmıştır. ISO 5667-3 standardına uygun olarak H2SO4 ile pH 1-2 olacak şekilde asitlendirilmiştir. Oksijen değeri için 1010 hPa ortam basıncı, 24,5 °C numune sıcaklığı ve % 0,56 tuzluluk değerleri ölçülmüş ve hesaplamalarda kullanılmıştır. Örnek 0.45 µm gözenekli membran filtreden süzülmüştür. ISO 19458 standardına uygun olarak Sodyum Tiyosülfat ilave edilmiştir. Su kalite parametreleri ve kısaltmalar Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1: Su kalitesi parametreleri kısaltmaları

Parameter	Unit	
pH	pH units	SM 4500-H ⁺ :B
Bulanıklık NTU	NTU	SM 2130:B
KOİ mgO ₂ /L	mgO ₂ /L	SM 5220:B
(AKM) mg/L	mg/L	SM 2540:D
Fosfor (Toplam) mg/L	mg/L	SM 2540:D
ÇO (mgO ₂ /l)	mg/L	SM 4500-Norg:B, SM 4500-NO ₃ :E
(TN) mg/L	mg/m ³	EPA 446.0
Klorofil - a	mg/L	SM 4500-P:B,E
Renk (Pt-Co)	(PT-Co)	SM 2120:C

BOİ5 mg/L	mg/L	EN 1899-2
Fekal koliform bakteri sayısı kob/100mL	kob/100mL	SM 9222:D
Toplam koliform bakteri sayısı kob/100mL	kob/100mL	SM 9222:B

İstatistiksel Analiz

Çok değişkenli istatistiksel yöntemler büyük data setlerinin yorumlanması, modellenmesi sınıflandırılması, su kalitesinin değerlendirilmesi ve yüzey sularının yönetimi için yararlı olacaktır (Simenov et al., 2003). Bu çalışmada, one way anova, principal component analysis (PCA) ve factor analysis(FA) kullanılmıştır. Dataların analizi için SPSS-20 programı kullanılmıştır.

Temel Bileşenler Analizi/ Faktör Analizi

Faktör analizi veri setini mümkün olduğunca koruyarak, birbiri ile ilişkili çok sayıdaki data setinin boyutunun azaltılmasında uygulanır. Bu indirgeme orthogonal (non correlated) ve önem sırasına göre azalan temel bileşenleri (PCs) data setini yeni bir veri setine dönüştürülerek başarılıdır. Matematiksel olarak temel bileşenler(PCs) özdeğer ve özvektör elde etmek için birden fazla ölçülen parametrelerin dağılımını açıklayan kovaryans veya diğer çapraz ürün matrisinden hesaplanmıştır. Birincil bileşenler orijinal değişkenler ve özvektörlerin lineer kombinasyonudur. (Singh 2004).

3.DEĞERLENDİRME

Sölçüm noktasına ait 12 parametre ile FA analizi sonuçları Tablo'da verilmektedir. Faktör analizinde faktör skorları nehir sistemlerindeki kirlilik kaynaklarını vermektedir (Kannel et al., 2008). Yüksek faktör yükü yüksek faktör etkisini göstermektedir (Ogwueleka, 2015). Faktör analizi sonucunda özdeğeri>1 olan ve herbirinin toplam varyansa oranı gttikçe azalan 2 faktör belirlenmiştir. (Tablo 2).Bu 2 faktör toplam varyansın % 88.2 sini açıklamaktadır. Birinci faktör (VF1) toplam varyansın %45.62'ünü açıklamakta olup, pH, COD, DO, TN, TP, Color, BOD, TC kuvvetli pozitif yük değerine sahiptir. Bu faktör evsel nitelikli atıksulardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Su kalitesini etkileyen ikinci faktör (VF2) toplam varyansın % 42.54 ünü açıklamakta olup turbidity, SS, Chl-a, FC kuvvetli pozitif yük değerine sahiptir. Bu faktör evsel nitelikli atıksuların karışması sonucu ve aynı zamanda dip sedimanında biriken kirlilik sonucu gelişen mikrobiyolojik faaliyetlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 2. Faktör analizi sonuçları

	VF 1	VF 2
pH	0.798***	0.421
Turb	0.282	0.921***
COD	0.769***	0.594
SS	0.008	0.964***
DO	0.820***	-0.447
TN	0.970***	-0.127
Chl-a	-0.078	0.971***
TP	0.981***	0.066
Color	0.955***	-0.063
BOD	0.764***	0.584
FC	0.256	0.654***
TC	0.745***	.576
Eigen value	5.475	5.105
% Total Variance	45.62	42.54
% Cumulative Variance	45.62	88.2

4.SONUÇLAR

Faktör analizi sonucuna göre ise su kalitesini iki faktör açıklamaktadır. Bu 2 faktör toplam varyansın % 88.2 sini açıklamaktadır. Su kalitesi değerlendirmesinde, çok değişkenli istatistiksel analizlerden kullanılması karmaşık verilerin yorumlanmasında kolaylık sağlamaktadır. Tek başına bir analiz verileri doğru yorumlamak açısından yeterli değildir. Bu nedenle bu analizlerin birlikte kullanılması su kalitesi gözlem programlarında büyük data setlerinin yorumlanmasında ve kirletici faktörlerin belirlenmesinde kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- Arslan, H., &Yıldırım, D. (2011). Water quality assessment of the drainage canals in bafra plain using multivariate statistical analysis. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 28(2), 61-71.
- Barış, N., Şimşek, C., Gündüz, O., &Elçi, A. (2007). Evaluation of Surface Water Quality In Cumaovası Plain By Analytical Hierarchy Process (Ahp). 7. *Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi Yaşam Çevre Teknoloji*, 229-237.
- Kannel, P.R., Lee, S., &Lee, Y.S. (2008). Assessment of spatialtemporal patterns of surface and ground water qualities and factors influencing management strategy of groundwater system in an urban river corridor of Nepal. *Journal of Environmental Management*, 86, 595–604.
- Nasirian, M. (2007). A new water quality index for environmental contamination contributed by mineral processing: a case study of Amang (Tin Tailing) processing activity. *Journal of Applied Science*, 7 (20), 2977–2987.
- Huang, G.H., &Xia, J. (2001). Barriers to sustainable water quality management. *Journal of Environmental Management*, 61, 1–23.

- Ogwueleka, T.C. (2015). Use of multivariate statistical techniques for the evaluation of temporal and spatial variations in water quality of the Kaduna River, Nigeria. *Environmental Monitoring Assessment*, 187:137.
- Singh, K.P., Malik, A., Mohan, D., & Sinha S. (2004). Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India)—a case study. *Water Research*. 38, 3980–3992.
- United States Geological Survey (USGS). (1995). The nationwide strategy for improving water quality monitoring in the United States. Intergovernmental task force on monitoring water quality, Washington, D.C.

ELLIPSOMETRIC, OPTIC AND SURFACE TOPOGRAPHY STUDIES OF CdS FILMS

Assoc. Prof. Dr. Olcay GENÇYILMAZ

Çankırı Karatekin University

ÖZET

Kadmiyum sülfür (CdS) filmleri ekonomik ve pratik bir teknik olan püskürtme tekniği kullanılarak üretildi. Filmler farklı molarite değerlerinde cam tabanlar üzerine depolandı. CdS filmlerinin üretiminde kadmiyum klotrit ($CdCl_2 \cdot 5H_2O$) ile tiyoüre kullanıldı ve üretim boyunca taban sıcaklığı 300 °C'de tutuldu. CdS filmlerinin elipsometrik, optik ve yüzey topografisi özellikleri üzerine çözelti molaritesinin etkisi çalışıldı. Karakterizasyon cihazları olarak Spektroskopik elipsometre (SE), Atomik kuvvet mikroskobu (AFM) ve UV-vis spektrofotometre kullanıldı. CdS filmlerinin fiziksel özelliklerini etkileyen kalınlık değerleri duyarlı ve elverişli olan SE kullanılarak belirlendi. Ayrıca, kırılma indisi (n) ve sönüm katsayısı (k) gibi CdS filmlerinin diğer optik parametreleri de SE kullanılarak belirlendi. Filmleri kırılma indisi değerlerinde normal dispersiyon gözlemlendi ve kırılma indisi değerleri molarite değişimi ile azaldı. Ayrıca, optik bant yapısı ve bant aralığı soğurma ve geçirgenlik spektrumları kullanılarak incelendi. Bant aralığı değerleri optik metot kullanılarak hesaplandı ve bu değerlerin arttığı tespit edildi. Genel olarak yüzey topografisi ve pürüzlülük değerleri AFM görüntüleri kullanılarak incelendi. Yüzey pürüzlülük değerleri (R_a - ortalama, R_{pv} -pik/vadi and R_q -ortalama karekök) filmlerin yüzeyinde seçilen özel bir bölüm kullanılarak belirlendi. Sonuçlar, CdS filmlerinin elipsometrik, optik ve yüzey özelliklerinin çözelti molaritesine direkt olarak bağlı olduğunu gösterdi.

Anahtar Kelimeler: CdS filmleri, Moralite, Püskürtme İşlemi, Spektroskopik elipsometre, Atomik kuvvet mikroskobu.

ABSTRACT

Cadmium sulfur (CdS) films were produced using spray pyrolysis which is a low cost and practical technique. The films were deposited on the glass substrate at different molarity values. Cadmium chloride ($CdCl_2 \cdot 5H_2O$) and thiourea were used for production of CdS films and the substrate temperature was kept at 300 °C during production. The effects of solution molarity were studied on ellipsometric, optic and surface topography properties of CdS films. The spectroscopic ellipsometry (SE), Atomic force microscopy (AFM) and UV-vis spectrophotometer were used as characterization tools. The thickness values affecting the physical properties of the CdS films was determined using SE which is a sensitive and applicable optical technique. Other optical parameters of CdS films as refractive index (n) and extinction coefficient (k) were also determined using SE. Normal dispersion was observed in the refractive index of the films and refractive index values decreased with molarity change. Also, the optical band structure and band gap were examined using the absorbance and transmittance spectra. The band gap values calculated by optical method and these values were found to increase. The general surface topography and roughness values were investigated by AFM images. The surface roughness values (R_a - average, R_{pv} -peak/valley and

R_q -root mean square) was determined by selecting specific regions on the surfaces of the films. The results point out that there is a direct dependence of the spectroscopic ellipsometric, optical and surface topography properties of the CdS films with the solution morality.

Keywords: CdS films, Morality, Spray pyrolysis, Spectroscopic ellipsometry, Atomic force microscopy.

INTRODUCTION

CdS films are an important semiconductor belonging to the II-VI semiconductor group. CdS films are n type material and it has a direct band gap (2.42-2.48 eV) at room temperature. CdS films have many area of use due to their natural properties such as stability, high optical transparency, homogeneity, low electrical resistivity in visible region (Pence S et. al. 1995, Pence S 1993, Shkira M et. al. 2019). In addition, these films have large nonlinear optical properties intrinsic defects (sulphur vacancies V_s) and interstitial cadmiums (I_{cd} atoms) (Yılmaz S et. al. 2015). So, CdS films are mostly used in optoelectronic and photonic device design. Especially, they are used solar cells, photoconductor, laser, sensor etc.

CdS films can be produced various physical and chemical techniques such as chemical bath deposition, sputtering, chemical vapour deposition, pulsed laser deposition, electro-deposition, sol-gel dip-coating and spray pyrolysis (Barreca D et. al. 2004, Islam M A et. al. 2015, Liu B et. al. 2016, Takahashi Met. Al. 2002, Thambidurai M et. al. 2009, Rmili A et. al 2013). Among these techniques, spray pyrolysis have some advantages compared to others. In this technique, production parameters such as temperature, flow rate, molarity, solution amount and substrate can be changed. Also, it allows production of large areas and does not require vacuum medium. The physical properties of these films can easily be modified by effects such as heat treatment, doping, and alteration of experimental parameters.


In this work, the CdS films were produced by spray pyrolysis at the different molarity values. We focused the effects of molarity on the spectroscopic ellipsometric, optical and surface properties of CdS films and discussed changing physical properties of films.

EXPERIMENTAL DETAILS

CdS films were produced on glass substrates (Objektträger $1 \times 1 \text{ cm}^2$) by spray pyrolysis at two different molarity values. The other experimental parameters and photographs of films are presented in Table 1. The ellipsometric analysis of films was performed using PHE-102 spectroscopic ellipsometry. As a result of this analysis, the optical parameters such as Psi (ψ), thickness (d), refractive index (n) and extinction coefficient (k) values of CdS films by Cauchy-Urbach dispersion model. Also, The optical properties of produced films were examined a double beam Shimadzu-SolidSpec-3700 UV-VIS-NIR spectrophotometer and wavelength range set to 300-900 nm. The optical transmittance and absorbance spectra were obtained from this analysis. Park System XE-70 AFM was used to take surface images and surface roughness values of films. AFM measurements were taken in non-contact mode and 0.75 Hz scan rate. AFM images of all films were scanned in an area of $5 \times 5 \mu\text{m}^2$ and the R_q

(rms/root-mean-square), R_a (average) and R_{pv} (peak to valley) roughness values of the film in this area were determined.

Table 1. Experimental parameters of produced CdS films

Films	Cadmium sulphur (CdS)
Chemical Salts-Rate	Cadmium chloride ($\text{CdCl}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) Thiourea (1:2)
Molarity-Code	0.1 M-C0 and 0.005 M-C1
Substrate Temperature	300 ± 5 °C
Solution Amount	100 cc
Spraying Rate/Time	5 cc/dk-20 min
Photographs of films	

RESULTS AND DISCUSSIONS

The spectroscopic ellipsometry (*SE*) is an optical technique which is very sensitive, contactless and non-destructive and uses determination of optical parameters for semiconductors materials. We used this technique for determination of the optical parameter including the thickness refractive index (n), and extinction coefficient (k). *SE* measures the change of the polarization of light upon the reflection from the film surface and calculates the change in polarization of light. This change can be expressed as:

$$\frac{R_p^{polarize}}{R_s^{polarize}} = tg \psi e^{i\Delta} \quad (1)$$

where R_p and R_s are ratios of the reflected wave amplitude to the incident wave amplitude for the p and s-component, respectively. Δ and ψ express the change between p-polarized component δ_1 and the s-polarized component δ_2 in polarization of incident and reflected light. Also, $tg(\psi)$ is defined as the absolute value of R_p/R_s .

SE measurements of the films were taken and ψ spectra were obtained. Fig. 1 shows ψ (ψ) fit to the experimental data of CdS films over the spectral range 1200 to 1600 nm for different molarity values. According to Fig. 1, model and experimental data were obtained by a computer-based modeling (Woollam J A et. al. 1999, Khoshman J M et. al.2008). We used to Cauchy–Urbach dispersion model for the fitting experimental and model results as it is one of the most suitable models for semiconductors such as CdS films in *SE* measurements. Also, the Cauchy–Urbach model is only appropriate over a region of the spectrum where there is normal dispersion. The formulas of refractive index (n) and extinction coefficient (k) are expressed by Cauchy equation as follows:

$$n(\lambda) = A_n + \frac{B_n}{\lambda^2} + \frac{C_n}{\lambda^4} \tag{2}$$

$$k(\lambda) = A_k e^{B_k(E-E_b)} \tag{3}$$

where A_n , B_n , C_n , A_k , and B_k are model parameters (Çelik G et. al. 2012, Khoshman J et. al. 2005, Gençyılmaz O et. al. 2015) . The incident angle is a very important parameter in SE analysis. So, we take measurements at 60 incident angles in terms of the previous studies due to polarization effect. Thus, the fitting of model and experimental data was obtained by minimizing the mean square error (MSE) which is a Levenberg– Marquardt algorithm by a computer-based modeling (Khoshman J M et. al. 2008, Woollam A et. al. 1999). As a result of this fitting, film thickness, model parameters, refractive index and extinction coefficient (k) was determined. These model parameters and fitting graphics are exhibited in Table 2 and Fig. 1, respectively. The thickness values of C0 and C1 films were determined as 109 and 113 nm, respectively. Also, the average refractive index values of CdS films were achieved 2.40 and 2.54. The MSE values indicated that there is a high mismatch between the theoretical and experimental data in SE.

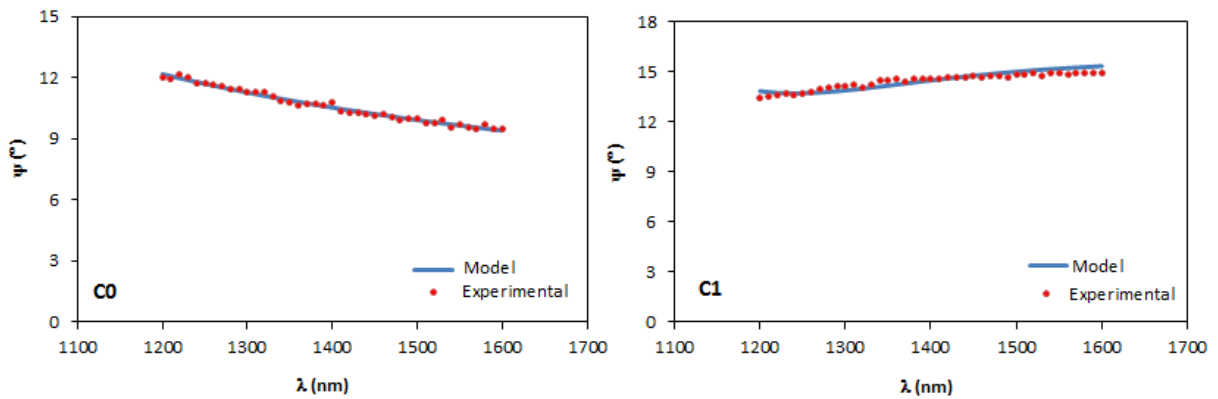


Figure 1. Psi (ψ) spectra of CdS films

Table 2. Film thickness and ellipsometric model parameters of CdS films

Films	Thickness	A_n	$B_n \times 10^{-2}$ (nm) ²	$C_n \times 10^3$ (nm) ⁴	A_k	B_k (eV) ¹	MSE
C0	109	2.40	0.12	0.11	0.005	0.65	0.58
C1	113	2.54	0.34	0.074	0.006	1.79	0.92

Fig. 2 and Fig. 3 show the refractive index (n) and extinction coefficient (k) obtained from the fitted parameters for CdS films which is produced different molarity. It is clear that molarity of precursor have an important effect on refractive index and extinction coefficient for these films. C1 film has lower refractive index values at long wavelength but it has higher than C0 films at short wavelength. So, C1 films have a wider range of variation in refractive index values. The refractive index of C0 films remained almost constant at 2.5 while the refractive index C1 films ranged from 2.5 to 2.4. Therefore, the extinction coefficient values of CdS films have shown a similar behavior for both morality values in Fig. 3 and these values nearly have remained stable in the range of 1200 -1600 nm.

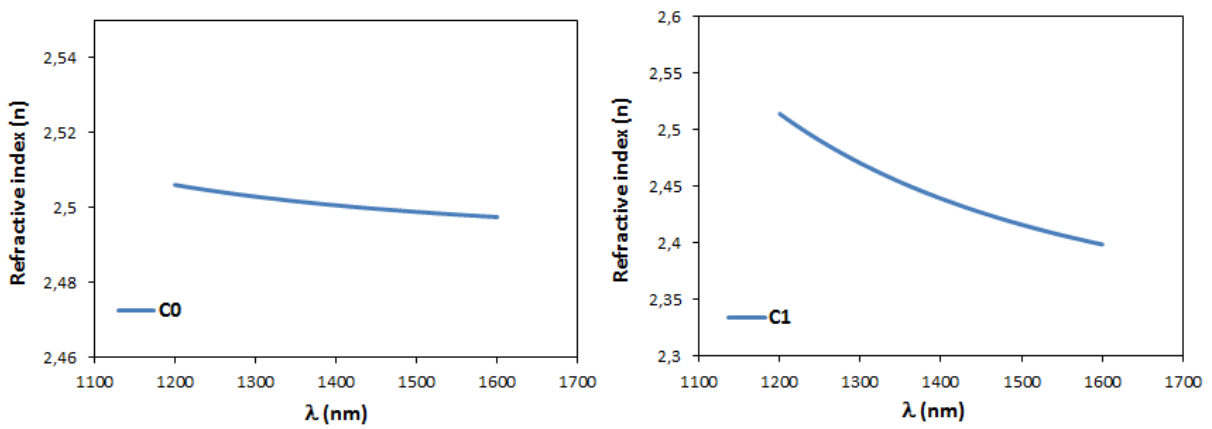


Figure 2. Refractive index spectra of CdS films

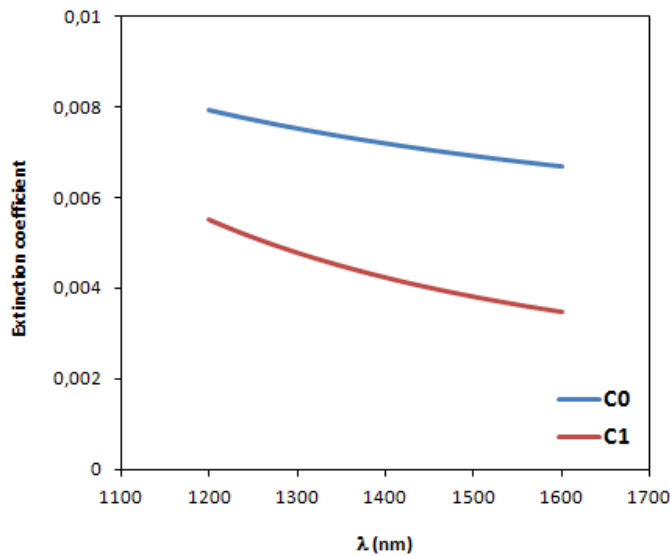


Figure 3. Extinction coefficient spectra of CdS films

Room temperature transmittance and absorbance spectra of CdS films are displayed at the wavelength range 300–900 nm in Fig. 4 and Fig. 5, respectively. The transmittance values suddenly decreased at approximately 500 nm and absorption increased in this area. It was seen that the transmission is low at short wavelength while the long wavelength is higher. So, the films exhibit transparent properties in long wavelength. The average transmittance values of C1 are higher than C0 films in the range of 400-700 nm. The absorption edge shifts toward shorter wavelength and shaper with decreasing morality of precursor. We can say that the sharper absorption edge can be clearly observed for C1 as shown in the inset of Fig. 4. We think that our C0 films have more deformation and defects near band edges for high morality values. The increased transmittance of the films and the sharper absorption edge may be due to the homogeneous surface of C1 films.

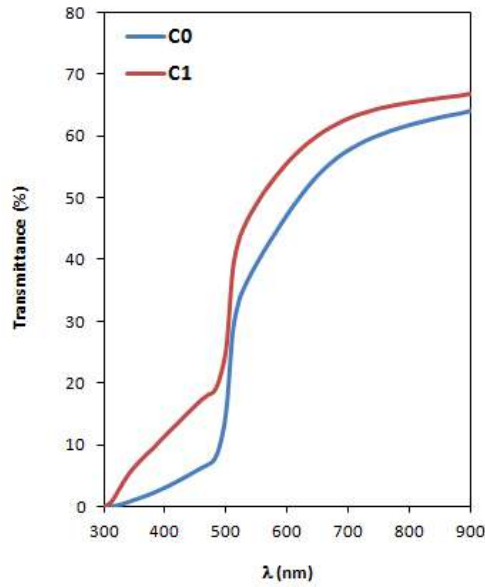


Figure 4. Transmittance spectra of CdS films

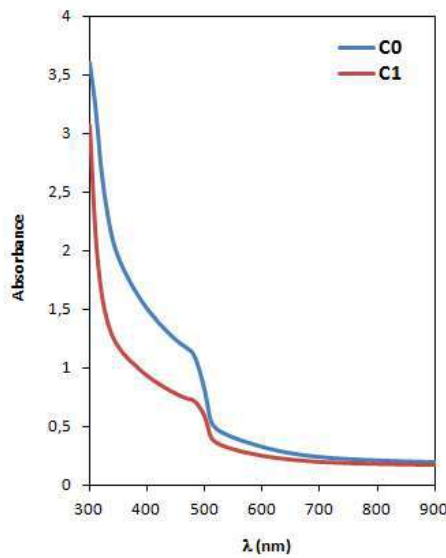


Figure 5. Absorbance spectra of CdS films

The optical band gap E_g is determined using the Tauc relation (Pankove J I 1975);

$$(\alpha h\nu)^{1/p} = A(h\nu - E_g) \quad (4)$$

where α is the absorption coefficient, E_g is the band gap corresponding to a particular transition occurring in the film, A is a constant, ν is the transition frequency and p can take the values 1/2, 3/2, 2 or 3, when the transitions are direct allowed, direct forbidden, indirect allowed and indirect forbidden respectively. The CdS films are considered as a material with direct band gap energy and hence $p=1/2$ is expected for direct allowed transition. The band gap has been calculated by extrapolating the linear region of the plots $(\alpha h\nu)^2$ versus $h\nu$ on the energy axis (Fig. 6). The band gap values as obtained from the above plots for different morality values are given in Fig. 6. It is noted that the band of 2.37 eV and 2.39 eV obtained for C0 and C1, respectively. These values showed that the band gap values of CdS films increased with decreasing morality values of solution. This result supports the shift in the absorbance spectra (Fig. 5).

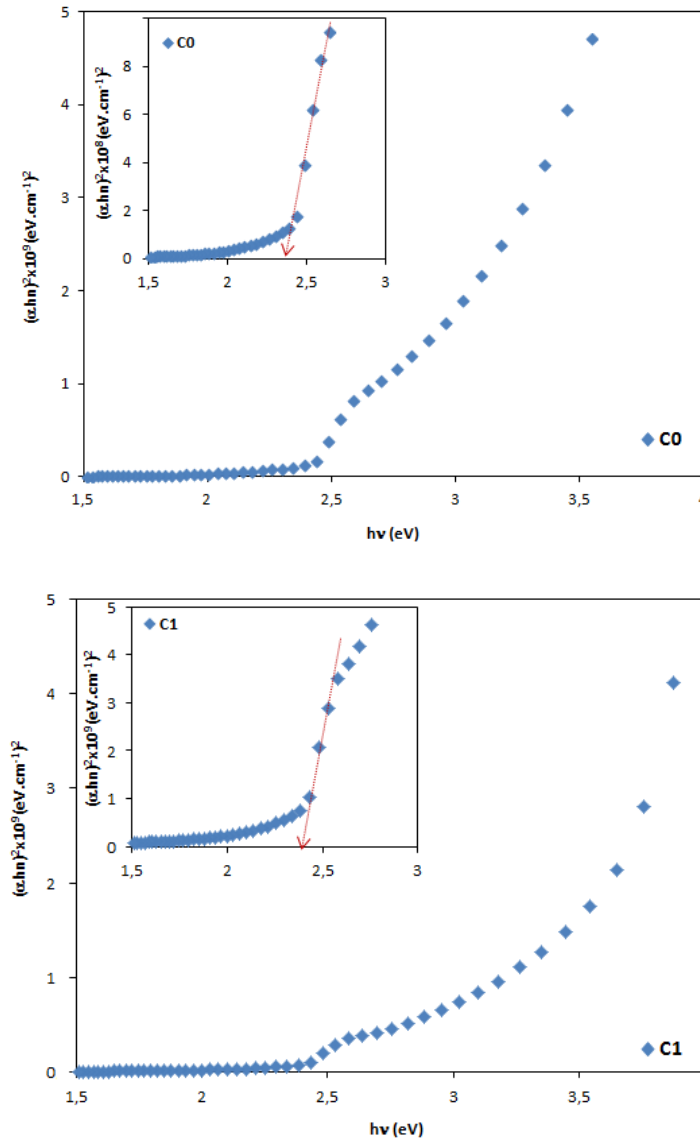


Figure 6. The plots $(\alpha h\nu)^2$ versus $h\nu$ of CdS films

The morphology of the films was studied by atomic force microscopy (AFM). Figure 7 shows AFM images of CdS films with different molarity values in three dimensions. We can clearly see the surface differences between C0 and C1 films. Fig. 7 indicated that, there are different regions on the film surface as CdS films with various heights and with the surface morphology of films starts to change decreasing molarity values. When the molarity decreases in the films, it is seen that the granular and pointed structure starts to deteriorate. We can see that the surface morphology of the films is more uniform, granular, and homogeneous. Especially, the produced C1 films have a more uniform surface with distinguishable particles and these films have more acicular structure according to other films. Besides, C1 films have pointed and needle type structure while C0 films have more granular structure. It was understood that this change on the surface had an effect on the changes we determined on the optical properties of the films. In addition to, the surface images of CdS films for $5 \times 5 \mu\text{m}^2$ areas in two dimensions and roughness values are given Figure 8. The two dimensional images of the films indicate that the C1 films have more granular structure compared to C0 films. The surface roughness values (R_a - average, R_{pv} -peak/valley and R_q -root mean square) decreased with decreasing molarity solution values.

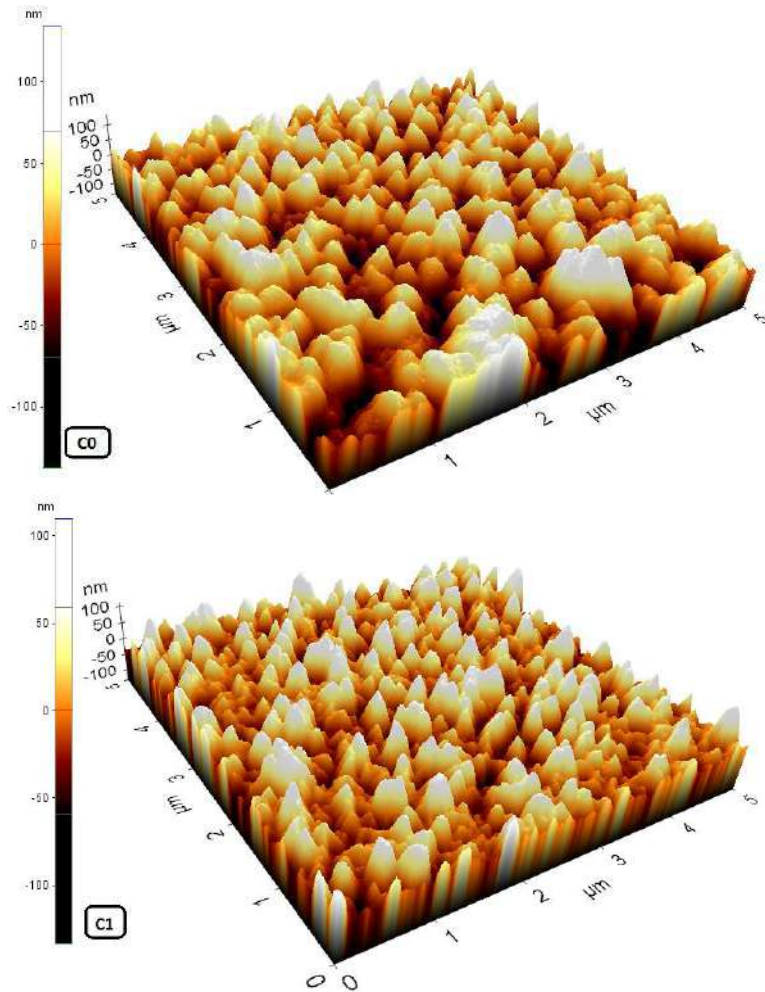


Figure 7. AFM images of CdS films in three dimensions

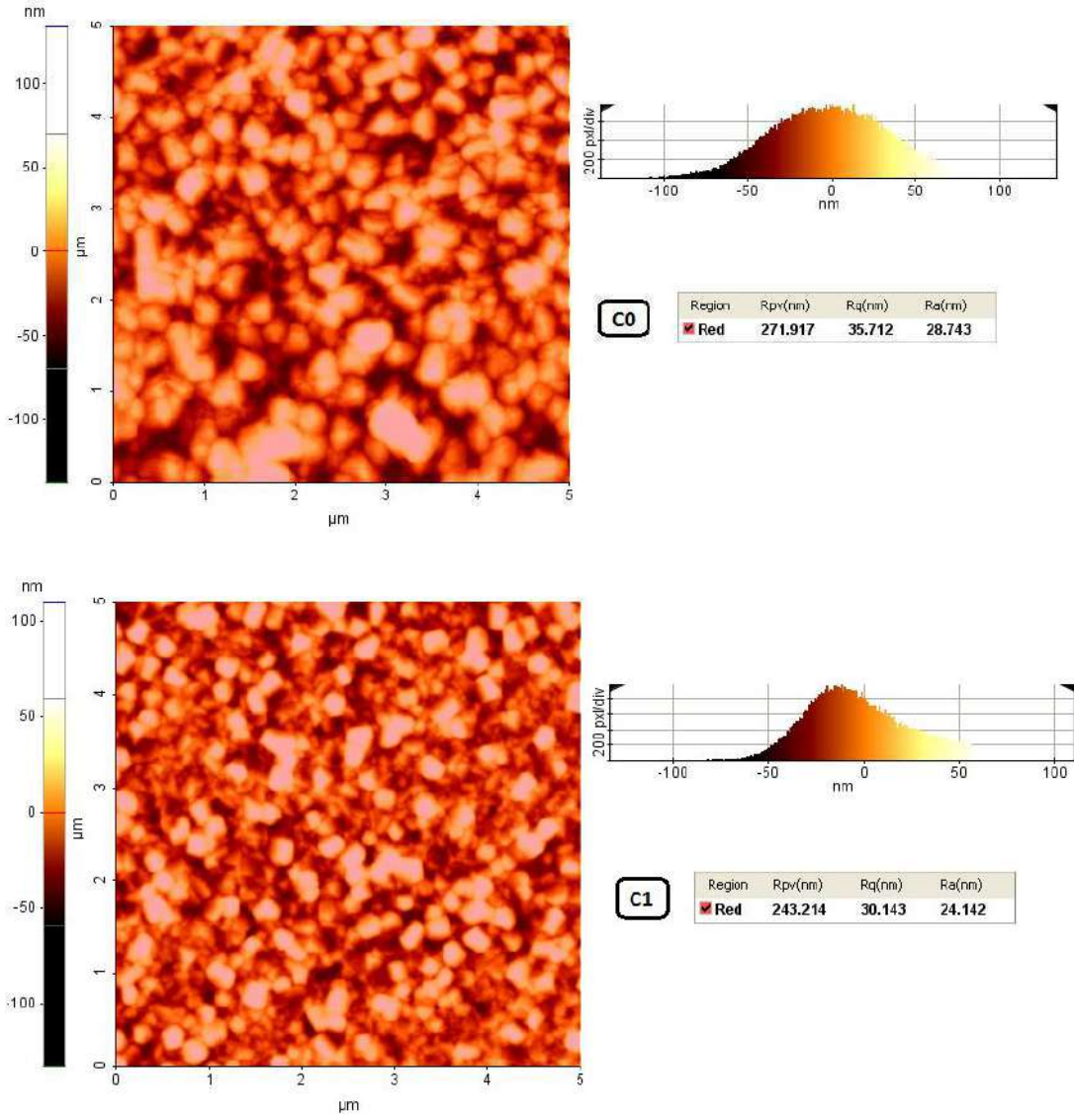


Figure 8. Surface images of CdS films in two dimensions and roughness values

CONCLUSIONS

In summary, CdS films are produced with two different molarity values by simple and low cost spray pyrolysis. The effect of molarity of precursor on the optical, ellipsometric and surface properties of CdS films were broadly examined. We determined that molarity of precursor have distinctly effect on the some physical properties of these films. Optical properties were investigated by spectroscopic ellipsometry and UV–Vis spectrophotometer. The refractive index extinction coefficient, and thickness, values were acquired by fitting the experimental spectroscopic data using Cauchy–Urbach dispersion model. The thicknesses of films increased with decreasing molarity values of precursor. The refractive index and extinction coefficient values decreased at long wavelength. The variations in optical absorption edges of CdS films were investigated and were obtained shaper absorption edge with decreasing molarity values of precursor. Besides, the absorption region of the films shifted to short wavelengths and the band gap values increased when molarity value decreased. AFM analysis revealed that roughness values of films decreased but surface

morphology have significantly smoother, granular and distinguishable form with decreasing molarity values. According to these analysis results, the optical, ellipsometric parameters and surface properties of CdS films were controlled by changing the molarity values of precursor for various applications. According to the results of the study, it was determined that CdS films produced at low molarity values would be more convenient to use in application areas. Also, these results can offer different perspectives in other researchers which focus on the different application areas of CdS films.

REFERENCES

Barreca D, Gasparotto A, Maragno C, Tondello E (2004) CVD of Nanosized ZnS and CdS Thin Films from Single-Source Precursors. *J. Electrochem. Soc.* 151, 428–435.

Çelik G, Şafak H (2012) İnce filmlerin optik özelliklerinin Elipsometrik Yöntemle belirlenmesi. *S. Ü. Fen-Edebiyat Fen Dergisi* 19, 31-39.

Gençyılmaz O, Atay F, Akyüz İ (2015) Ellipsometric investigation of optical parameters and characterization of sprayed pyrolysis derived ZnO film. *Metallurgical And Materials Transactions A* 46, 2015-4247.

Islam M A, Haque F, Rahman K S, Dhar N, Hossain M S, Sulaiman Y, Amin N (2015) Effect of oxidation on structural, optical and electrical properties of CdS thin films grown by sputtering. *Optik Int. J. Light Electron Opt.* 126, 3177–3180.

Khoshman J M, Ingram D C, Kordesch M E (2008) Growth and optical properties of amorphous $\text{Be}_{0.13}\text{Zn}_{0.38}\text{O}_{0.49}$ thin films prepared by radio frequency magnetron sputtering. *Journal of Non-Crystalline Solids* 354, 2783–2786.

Khoshman J, Kordesch E M (2005) Optical characterization of sputtered amorphous aluminum nitridethin films by spectroscopic ellipsometry. *J. Non-Cryst. Sol* 351, 3334-3340.

Khoshman J M, Ingram D C, Kordesch M E (2008) Growth and optical properties of amorphous $\text{Be}_{0.13}\text{Zn}_{0.38}\text{O}_{0.49}$ thin films prepared by radio frequency magnetron sputtering. *Journal of Non-Crystalline Solids* 354, 2783–2786.

Liu B, Luo R, Li B, Zhang J, Li W, Wu L, Feng L, Wu J, (2016) Effects of deposition temperature and CdCl_2 annealing on the CdS thin films prepared by pulsed laser deposition. *J. Alloy. Comp.* 654, 333–339.

Pankove J I (1975) *Optical Processes in Semiconductors*. Dover Publication: Mineola, NY, USA.

Pence S, Varner E, Clayton W. Bates Jr (1995) Substrate temperature effects on the electrical properties of CdS films prepared by chemical spray pyrolysis. *Materials Letters* 23, 13-16.

Pence S (1993) Spray pyrolysis of CdS, Master's Research Report. Department of Materials Science and Engineering, Stanford University.

Rmili A, Ouachtari F, Bouaoud A, Louardi A, Chtouki T, Elidrissi B, Erguig H (2013) Structural, optical and electrical properties of Ni-doped CdS thin films prepared by spray pyrolysis. *J. Alloy. Comp.* 557, 53–59.

Shkira M, Ashrafa I M, AlFaify S, Ahmed Mohamed El-Tonid, Ahmede M, Khand A (2019) A noticeable effect to Pr doping on key optoelectrical properties of CdS thin films prepared using spray pyrolysis technique for high-performance photodetector applications. *Ceramics International* (In press).

Takahashi M, Hasegawa S, Watanabe M, Miyuki T, Ikeda S, Iida K (2002) Preparation of CdS thin films by electrodeposition: effect of colloidal sulfur particle stability on film composition. *J. Appl. Electrochem.* 32, 359–367.

Thambidurai M, Agilan S, Muthukumarasamy N, Murugan N, Balasundaraprabhu R (2009) Structural Properties of CdS Nanocrystalline thin Films Prepared by Sol-Gel Method. *Int. J. Nanotechnol. Appl.* 3, 29.

Woollam J A, Johs B, Herzinger C M, Hilfiker J, Synowicki R, Bungay C L (1999) Overview of Variable Angle Spectroscopic Ellipsometry (VASE). Part II: Advanced Applications Proceedings CR72 3, 29-58.

Woollam A, Johs B, Herzinger C M, Hilfiker J, Synowicki R, Bungay C L (1999) Overview of Variable Angle Spectroscopic Ellipsometry (VASE). Part II: Advanced Applications Proceedings CR72 3, 29-58.

Yılmaz S, Atasoy Y, Tomakin M, Bacaksız E (2015) Comparative studies of CdS, CdS:Al, CdS:Na and CdS (Al-Na) thin films prepared spray pyrolysis. *Superlattices and microstructures* 88, 299-307.

INVESTIGATION OF CHANGE IN OPTICAL PROPERTIES OF ZnO FILMS BY Mg DOPING

Assoc. Prof. Dr. Olcay GENÇYILMAZ

Çankırı Karatekin University

ÖZET

Bu çalışmada, Mg katkılı ZnO filmleri püskürtme tekniği kullanılarak cam tabanlar üzerine sentezlenmiştir. Filmlerin sentezlenmesinde çinko asetat ve magnezyum asetat çözelti kaynakları kullanılmıştır. Bütün filmler aynı taban sıcaklığında üretilmiştir (350 °C). ZnO filmlerinin optik özellikleri ve parametreleri üzerine Mg katkısının etkisi detaylı bir şekilde incelenmiştir. Optik özellikleri önemli ölçüde değiştirebilmek için yüksek katkı oranları (0 - 10 - 15 - 20 %) seçilmiştir. Mg katkılı ZnO filmlerinin kalınlık değerleri ağırlık metodu kullanılarak hesaplanmıştır ve ortalama kalınlıkları 300 nm bulunmuştur. Geçirgenlik (T), soğurma (A) ve yansımaya (R) spektrumları UV-vis spektrofotometre kullanılarak elde edilmiştir. Bu spektrumlar kullanılarak bant yapısı, bant aralığı, bant sarkması, lokalizasyon durumları, Urbach enerjileri gibi optik parametreler belirlenmiştir. Bant aralığı ve Urbach enerji değerleri sırasıyla optik metot ve Tauch bağıntıları kullanılarak hesaplanmıştır. Ayrıca, ZnO filmlerinin kusurlardan ve safsızlıklardan kaynaklanan optik bant aralığı ve bant sarkmalarındaki değişimler soğurma katsayısı analizi kullanılarak belirlenmiştir. Filmlerin ortalama geçirgenlik ve yansımaya değerlerinde Mg katkısı ile önemli derecede azalma görülmüştür. Ayrıca, Mg katkılı ZnO filmlerinin bant önemli derecede değişmiş ve bu durum ZnO filmlerinin bant aralığı ve Urbach enerji değerlerinde önemli farklılıklara neden olmuştur. Sonuç olarak, ZnO filmlerinin optik özellikleri ve parametreleri üzerine yüksek Mg katkısının etkisi tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mg katkısı, ZnO filmleri, püskürtme tekniği, optik özellikler, bant aralığı, Urbach enerjisi.

ABSTRACT

In this study, Mg doped ZnO films were synthesized on glass substrates by spray pyrolysis. Zinc acetate and magnesium acetate solution sources were used in the synthesis of films. All films were produced same substrate temperature (350 °C). The effects of Mg doping on the optical properties and parameters of ZnO films was investigated in detail. High Mg doping ratios (0 - 10 - 15 - 20 %) were chosen to make the change in optical properties significant. The thickness values of Mg doped ZnO films were calculated using the weighing method and average thickness was found to be 300 nm. The transmittance (T), absorbance (A) and reflectance (R) spectra were taken using UV-vis spectrophotometer. By using these spectra, optical parameters such as band structure, band gap, band tailing, localization situations, Urbach energies were determined. The band gap and Urbach energy values were calculated optical method and Tauch relation, respectively. Also, the optical band gap of ZnO films and band tailing resulting from defect or impurities was determined by analysis of the absorption

coefficient. The average transmittance and reflectance values of the films showed a significant decrease with increasing Mg doping. Also, the band structure of the Mg doped ZnO films changed significantly and this change caused significant differences especially in band gap values and Urbach energies of ZnO films. Finally, the effects of high Mg doping on the optical properties and parameters of ZnO films were discussed.

Keywords: Mg doping, ZnO films, spray pyrolysis, optical properties, Band gap, Urbach energy.

INTRODUCTION

Transition metal oxides are one of the most studied groups among materials due to their various physical properties. In recent years, there are many transition metal oxides studied such as NiO, ZnO, CuO TiO₂, V₂O₅, Cr₂O₃, Mn₃O₄, Fe₃O₄, and CO₃O₄. Especially, among these metal oxides, ZnO is remarkable with its physical properties. ZnO films are versatile materials which have a wide range of applications and researchers have been worked extensively on this material for the last 10 years. ZnO films have prominent properties known in the literature. These properties are generally as follows (Özgür et. al. 2005, Dobrozhana et. al. 2019, Shengwen et. al. 2019, Li et. al. 2010, Fujihara et. al. 2001, Bonasewicz et. al. 1986, Hassan et. al. 2012):

- It has wide band gap (~3.37 eV at 300 K)
- It is n-type semiconductor
- It has high transmittance in the visible region
- It has low electrical resistivity
- It is non-toxic
- It has large exciton bonding energy (~60 meV)

The doping process is one of the most important processes to improve and modify the physical properties of ZnO films. In this process, many different elements such as Co, Cu, Al, Mn, B, Fe, In, Sn and Mg can be used (Shukla et. al. 2018, Gençyılmaz 2018, Anitha 2020, Vaiano et. al. 2018, Shunmuga 2019, Hurma 2019, Srinivasulu 2017, Hou et. al. 2018, Aydin 2015, Hebia et. al. 2019). Each doping element creates significant changes in the structure of the ZnO films depending on their properties and the binding position in the solid. Among these content elements Mg is an abundant and low toxic element that can be easily added and has good lattice mismatch (Etacheri et. al. 2012, Zhang et. al. 2015). Because of these properties, Mg doping can be used especially to change the band gap, crystal structure and electrical properties of ZnO films. There are many physical and chemical techniques used in the production of ZnO and Mg doped ZnO films in the literature. Sol gel (Shi et. al. 2018), spray pyrolysis (Elhalil et. al. 2018), atomic laser deposition (Cora et. al. 2019), hydrothermal method (Yang et. al. 2016), electrodeposition (Wang et. al. 2016), pulsed laser deposition (Park et. al. 2012). Among these techniques, spray pyrolysis is noteworthy because it is economical, simplicity, practical and cost efficiency.

In this work, the ZnO and Mg doped ZnO films were synthesized by spray pyrolysis at the different Mg doping rates. We focused the effects of high Mg doped rate on the optical properties of ZnO films and discussed changing optic parameters of films.

EXPERIMENTAL DETAILS

In this study, spray pyrolysis technique was used in the production of Mg doped ZnO films. This technique is mainly based on spraying chemical solution onto heated glass bases. In this technique, there are many parameters such as spray nozzle, substrate, size of substrate, amount of solution, flow rate and substrate temperature. In Fig. 1, the spray system is shown schematically. The experimental parameters determined and applied in the production of the undoped and Mg doped ZnO films are given in detail in Table 1. Shimadzu UV-2550 UV-vis Spectrofotometer was used to obtain the spectra used to determine the optical properties of the produced films. Optical spectral measurements (transmittance, absorbance and reflectance) were performed in the 350-950 nm wavelength range. All measurements were taken at room temperature.

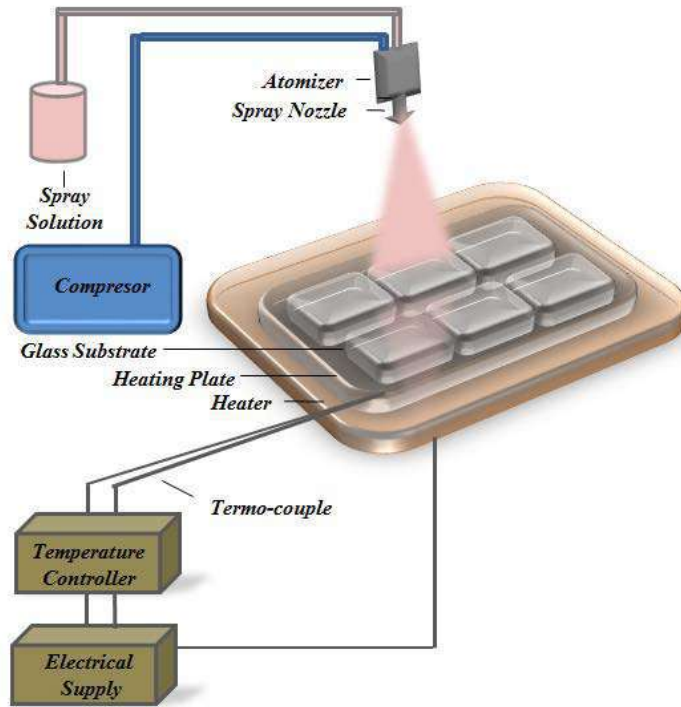


Figure 1. Schematic representation of the spray system

Table 1. Experimental parameters.

Materials	ZnO and Mg doped ZnO Films
Chemical Salts (Sigma-Aldrich)	Zinc acetate dehydrate [$Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$] Magnesium acetate [$Mg(CH_3COO)_2$]
Molarity	0.1 M
Doping rate-Code	0%-Mg0%, 10%-Mg10%, 15%-Mg15%, 20 %-Mg%20
Substrate	Glass
Substrate Temperature	300 ± 5 °C
Solution Amount	100 cc
Distance between nozzle substrate	30 cm
Spraying Rate/Time	5 cc/dk-20 min

RESULTS AND DISCUSSION

The optical transmittance (T), reflectance (R), absorbance (A) spectra measurements of undoped and Mg doped ZnO films were taken from 350 nm to 900 nm wavelength range. The transmittance spectra are shown Fig. 1. As shown in Fig 1, the Mg doping was a significant cause of transmittance values. While the undoped ZnO film exhibited around 80 % optical transmittance in the visible region, the transmittance values decreased around 49 % with Mg doping. This case indicates that the surfaces of the ZnO films become more defect and rougher due to the Mg doping.

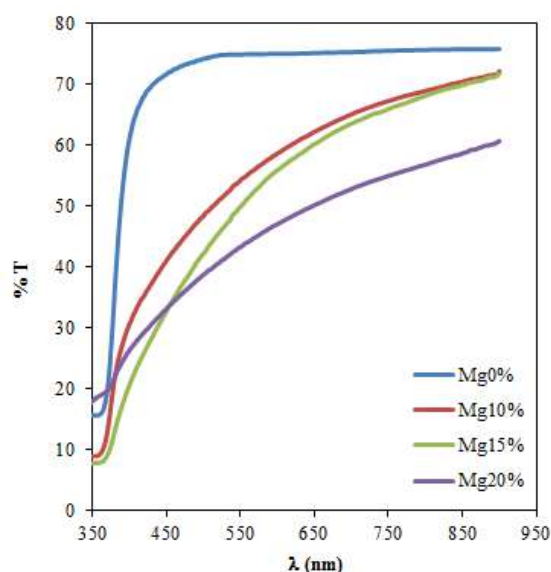


Figure 1. Transmittance spectra of undoped and Mg doped ZnO films

Fig. 2 shows the reflectance spectra of undoped and Mg doped ZnO films. We observed a sharp increase in the reflectance values of all Mg doped films. While the average reflection values of all films have $\sim 1\%$ for shorter than 350 nm wavelengths, this values have an apparent increase for longer than 350 nm wavelengths. For wavelengths longer than 350 nm all Mg doped films have the average reflectance of $\sim 4\%$. Also, this increase in reflection caused with Mg doping can be shown as one of the reasons for the decrease in transmittance values. This change in reflectance spectra is due to factors such as grain structure, band gap, roughness, oxygen deficiency and impurity.

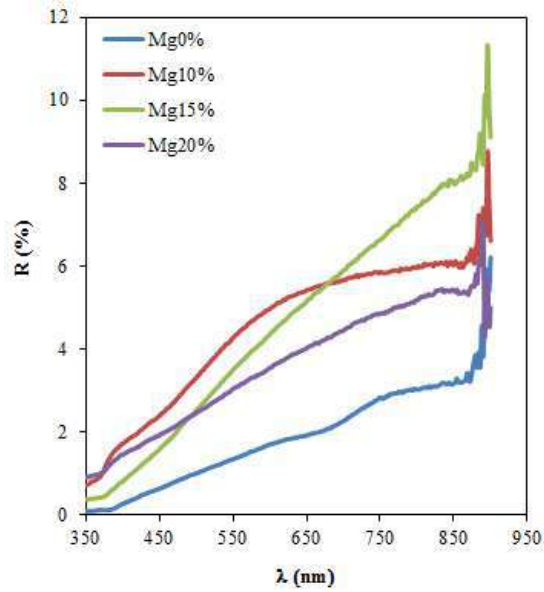


Figure 2. Reflectance spectra of undoped and Mg doped ZnO films

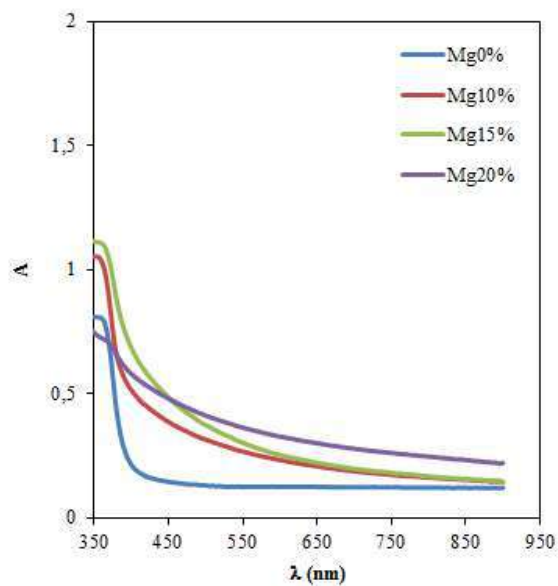


Figure 3. The absorbance spectra undoped and Mg doped ZnO films

Fig. 3 shows the absorbance spectra of ZnO films. It is seen from the Fig. 3 that all films have low absorbance values and the apparent changes are observed in absorbance peaks. Firstly, the absorption edges became shallower with Mg doping and the band edge structure was disrupted. The strong absorbance edge was observed in the 10 % and 15 % Mg doping ratios, but this effect was lost in the 20 % Mg doping ratio. It has been determined that the edge of the band is distorted and the transmittance value is minimized at 20 % Mg doping ratio. Secondly, the point peak absorption values increase with Mg doping. In this increase, we think that some structural factors such as grain size, defects and oxygen density may be effective. Third, the absorbance edge of the ZnO films shifted to the longer wavelength with Mg doping. This shift towards longer wavelengths causes energy decline and is called redshift. This redshift behavior causes obvious changes in the band gap values of the ZnO films. The band gap values of the films were determined to investigate the effect of this shift on the absorption edge. Tauch-plot correlation was used to calculate the band gap of the ZnO films. This relation is expressed as follows (Suwanboon et. al. 2002):

$$\alpha = \frac{A(h\nu - E_g)^n}{h\nu} \quad (1)$$

where E_g is band gap energy, α is absorption coefficient, h is a Planck constant, ν is the frequency of light radiation and n is allow direct transition (1/2), respectively. The graph $(\alpha h\nu)^2$ vs $h\nu$ of the ZnO films according to the Tauch relation are given Fig. 4. Fig 4. exhibits the optical band gap change of undoped and Mg doped ZnO films. From Table 2. we can see that the optical band gap values of ZnO decrease with increasing Mg doping. This case may be due to the change in the Mg content on the surfaces of the films. Also, this apparent change in the band gap can also be interpreted as an indication that Mg^{+2} ions are substitutes for Zn^{+2} ions of the ZnO lattice. These values show that high Mg doping ratios caused a significant narrowing of the band gap of the ZnO films.

The doping processing in the semiconductor often causes defects in the band structure and these impurities may cause hanging of the band edge. The following equation is used to learn about these band sags. In the exponential edge region Urbach rule is expressed as (Tauc 1974):

$$\alpha = \alpha_0 e^{(h\nu/E_u)} \quad (2)$$

where α_0 is a constant, E_u is the Urbach energy, which characterizes the slope of the exponential edge. Eq. (2) describes the optical transition between occupied states in the valence band tail to unoccupied states of the conduction band edge. Fig. 5 shows the variation of $\ln\alpha$ vs. photon energy for the films. This behavior corresponds primarily to optical transitions between occupied states in the valence band tail and unoccupied states at the

conduction band edge. The obtained E_u values are given in Table 2. Urbach energy values of the films decrease and the localized states in the optical band changes with increasing Mg doping. Decrease in Urbach energy indicates increased band edge tailing and this case may result in reduced band gap values.

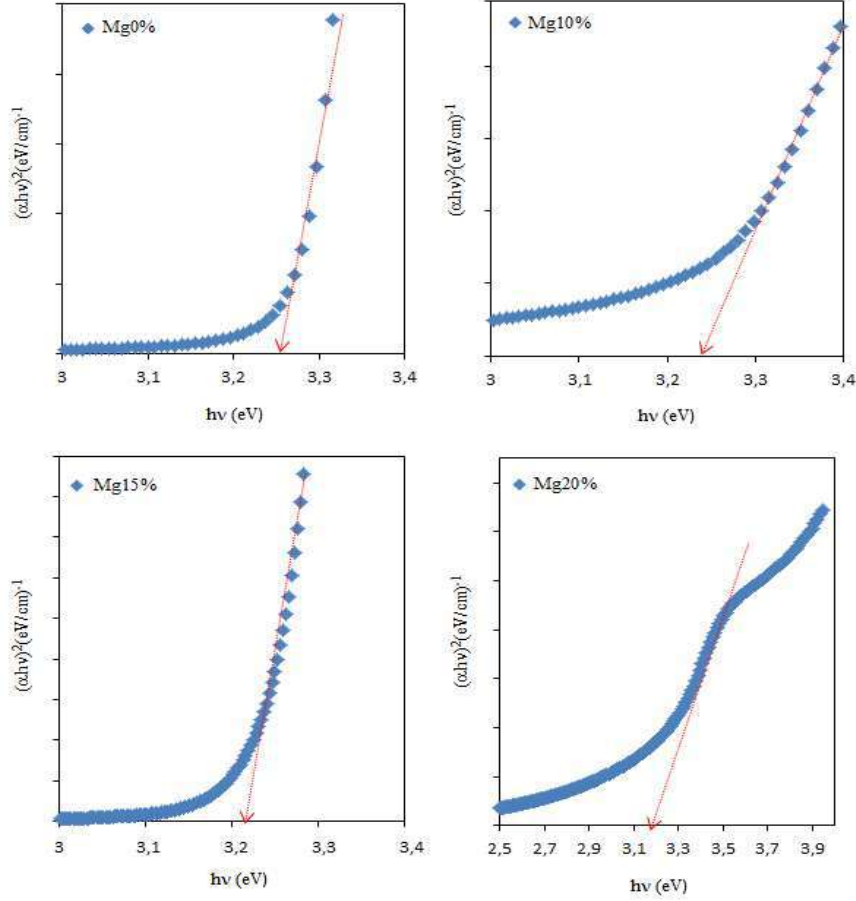


Figure 4. The graph $(\alpha h\nu)^2$ vs $h\nu$ of the undoped and Mg doped ZnO films

Table 2. The band gap (E_g) and Urbach (E_u) energy values of ZnO films.

Films	Mg0%	Mg10%	Mg%15	Mg%20
E_g (eV)	3.27	3.25	3.22	3.18
E_u (meV)	406	353	357	331

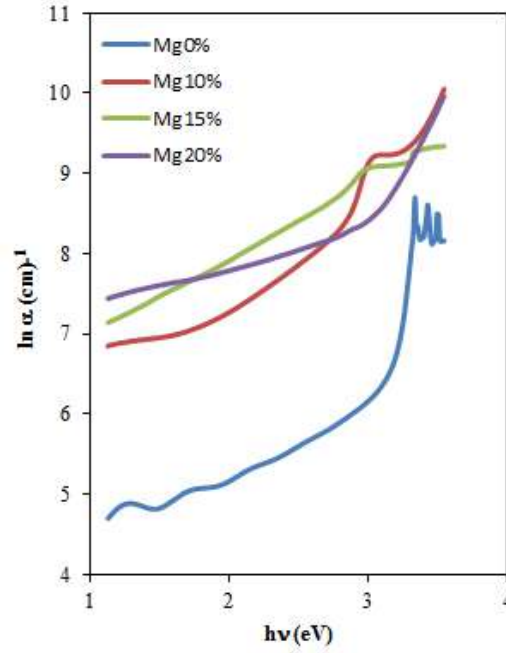


Figure 5. The variation of $\ln \alpha$ vs. photon energy for ZnO films

CONCLUSIONS

In this work, undoped and Mg doped ZnO films were successfully prepared by USP technique on glass substrate at various Mg doping rates (0-10-15-20 %). Effects of Mg doping on the optical properties and parameters of ZnO films were examined in detail. This study results show high Mg doping caused significant changes in optical properties of ZnO films. The transmittance values of the films decreased significantly with Mg doping and the lowest transmittance value seen in Mg20% films. It was determined that the reflection values of the films were increased from the reflection spectra. This showed that the high Mg addition significantly changed the surface properties of the films. It was confirmed that the band edges of the films became broader with Mg doping and the band structure was changed. The ZnO films absorption zones shifted to long wavelengths. Also, band gap and Urbach energy values decreased with high Mg doping. In general, it was observed that high Mg doping rate caused different changes in optical properties of ZnO films compared to low Mg doping rate. It has been seen that the Mg doping ratio range is kept wide and ZnO films will be evaluated in different usage areas.

REFERENCES

Aydin H, El-Nasser H M, Aydin C, Al-Ghamdi A A., Yakuphanoglu F (2015) Synthesis and characterization of nanostructured undoped and Sn-doped ZnO thin films via sol-gel approach. Applied Surface Science 350,109-114.

Anitha S, Muthukumaran S (2020) Structural, optical and antibacterial investigation of La, Cu dual doped ZnO nanoparticles prepared by co-precipitation method. Mater. Sci. & Eng. C 108, 110387.

Bonasewicz P, Hirschwald W, Neumann G (1986) Influence of surface processes on and thermo dynamical properties of zinc oxide films. J. Electrochem. Soc. 133, 2270–2278.

Cora I, Baji Z, Fogarassy Z, Szabó Z, Pécz B (2019) Structural study of MgO and Mg-doped ZnO thinfilms grown by atomiclayer deposition. Materials Science in Semiconductor Processing 93, 6-11.

Dobrozhan O, Diachenko O, Kolesnyk M, Stepanenko A, Vorobiov S, Blaz P, Plotnikov S, Opanasyuk A (2019) Morphological, structural and optical properties of Mg doped ZnO nanacrytals synthesized using polyol process. Mater. Sci. Semi. Process. 102, 104595.

Etacheri V, Roshan R, Kumar V (2012) Mg-Doped ZnO Nanoparticles for Efficient Sunlight-Driven Photocatalysis. Appl. Mater. Interfaces 4-5.

Elhalil A, Elmoubarki R, Farnane M, Machrouhi A, Sadiq M, Mahjoubi F Z, Qourzal S, Barka N (2018) Photocatalytic degradation of caffeine as a model pharmaceutical pollutant on Mg doped ZnO-Al₂O₃ heterostructure. Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management 10, 63-72.

Fujihara S, Sasaki C, Kimura T (2001) Effects of Li and Mg doping on microstructure and properties of sol-gel ZnO thin films. J. Eur. Ceramic Soc. 21. 2109–2112.

Gençyılmaz O (2018) The Effect of Different Cobalt Precursors on the Co Doped ZnO Films Produced by Ultrasonic Spray Pyrolysis. J. Nanoelec. Optoelec. 13 (4), 509-520.

Hassan M S, Amna T, Yang O, Kim H C, Khil M S (2012) TiO₂ nanofibers doped with rare earth elements and their photocatalytic activity. Ceram. Int. 38(7), 5925–5930.

Hurma T (2019) Effect of boron doping concentration on structural optical electrical properties of nanostructured ZnO films. J. Molecular Structure 1189, 1-7.

Hou Q, Xi D, Li W, Jia X, Xu Z (2018) First-principles research on the optical and electrical properties and mechanisms of In-doped ZnO. Physica B: Condensed Matter 537, 258-266.

Li C, Meng M Y, Zhang S, Wang J Q (2010) Effects of Mg content and B doping on structural, electrical and optical properties of Zn_{1-x}Mg_xO thin films prepared by MOCVD J. Crys. Growth. 312, 1929-1934.

Heiba Z K, Mohame M B (2019) Effect of annealed and Mg-doped nano ZnO on physical properties of PVA. Journal of Molecular Structure 1118, 507-517.

Özgür Ü, Aliyov Y I, Liu C, Teke M A, Doğan S, Avrutin V, Cho S J (2005) A comprehensive review of ZnO materials and devices. *J. Appl. Phys.* 98 (4), 041301.

Park J J, Song J K, Ha J S, Park S M (2012) The effects of magnetic field on pulsed laser deposition of Mg-doped ZnO thin films. *Applied Surface Science* 258,8542-8547 .

Shengwen Q, Xiaoming Y, Xuan Y, Jianjun Z, Liqiao C, Yingtang Z (2019) Effects of non-stoichiometric ratio on optical caharacteristics of Mg-doped ZnO nanrods, *Optical Mater.* 90, 180-186.

Shi S, Xu J, Li L (2018) Effect of Mg concentration on morphological, structural and opticalproperties of Mg-K co-doped ZnO thin films prepared by sol-gel method. *Materials Letters* 229,178-181.

Shukla P, Tiwari S, Joshi S R, Akshay V R, Vasundhara M, Varma S., Singh J, Chanda A (2018) Investigation on structural, morphological and optical properties of Co-doped ZnO thin films. *Physica B: Condensed Matter* 550, 3030- 310.

Shunmuga Sundaram P, Stephen Rajkumar Inbanathan S, Arivazhagan G (2019) Structural and optical properties of Mn doped ZnO nanoparticles prepared by co-precipitation method. *Physica B: Physics of Condensed Matter* 574, 411668.

Srinivasulu T, Saritha K, Ramakrishna Reddy K T (2017) Synthesis and characterization of Fe-doped ZnO thinfilms deposited bychemical spray pyrolysis. *Modern Electronic Materials* 3, 76-85.

Suwanboon S, Amornpitoksuk A, Sukolrat A (2002) Dependence of optical properties on doping metal, crystallite size and defect concentration of M-doped ZnO nanopowders (M = Al, Mg, Ti). *Ceram Int.* 37, 1359.

Tauc J (1974) *Amorphous and Liquid Semiconductors*, Plenum Press, New York.

Vaiano V, Iervolino G, Rizzo L (2018) Cu-doped ZnO as efficient photocatalyst for the oxidation of arsenite toarsenate under visible light. *Applied Catalysis B: Environmental* 238,

Zhang T, Zhang B, Li L, Zhao N, Xiao F (2015) Zn–Mg mixed oxide as high-efficiency catalyst for the synthesis of propylene carbonate by urea alcoholysis. *Catalysis Communications* 66,38-41.

Wang M, Yi J, Yang S, Cao Z, Huang X, Li Y, Li H, Zhong J (2016) Electrodeposition of Mg doped ZnO thin film for the window layer of CIGS solar cell. *Applied Surface Science* 382, 217-224.

Yang J, Wang Y, Kong J, Yu M, Jin H (2016) Synthesis of Mg-doped hierarchical ZnO nanostructures via hydrothermal method and their optical properties. Journal of Alloys and Compounds 657, 261-267.

GAUSSIAN VE PARABOLİK-TERS KARE POTANSİYELİNDEKİ KUANTUM NOKTANIN TERMODİNAMİK DAVRANIŞLARI

Doç. Dr. Muharrem KIRAK

Yozgat Bozok Üniversitesi, Eğitim Fakültesi

ÖZET

Modern teknolojinin gelişmesiyle, bugün artık sıfır-boyutlu (0D), tek-boyutlu (1D) ve iki-boyutlu (2D) sistemler gibi düşük boyutlara sahip yarıiletken nanoyapılar üretmek mümkün hale gelmiştir. Sıfır boyutlu sistemler kuantum noktalar olarak adlandırılır ve elektronik ve optoelektronik gibi pek çok uygulama alanlarına sahiplerdir. Manyetik alan, elektrik alan, spin-yörünge etkileşimi, potansiyel parametreleri gibi dış etkenler ve safsızlığın varlığı düşük boyutlu yapıların termodinamik özelliklerinde önemli rol oynar ve bu özellikleri değiştirebilir.

Bu çalışmada etkin kütle yaklaşımı çerçevesinde dış manyetik alan varlığında Gaussian potansiyeli ile birlikte parabolik-ters kare sınırlandırma potansiyeline sahip GaAs kuantum noktasında bulunan bir elektronun termodinamik özellikleri (ortalama enerji, Helmholtz serbest enerjisi, ısı sıçması ve entropi) teorik olarak incelenmiştir. Sistemin enerji değerleri Schrödinger denkleminin çözülmesi ile analitik olarak elde edilmiştir. Sonuçlar, termodinamik özelliklerin sıcaklığa, manyetik alana, potansiyel parametrelerine ve safsızlığa (alıcı ve verici) duyarlı olduğunu göstermektedir. Bu çalışmanın ilgili alanda bilimsel araştırmalara katkı sağlamasını ve yarıiletken aygıtların iyileştirilmesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kuantum Nokta, Gaussian ve Parabolik Ters Kare Potansiyel, Termodinamik Özellikler, Safsızlık.

ARSTRACT

With the development of modern technology, it is now possible to produce semiconductor nanostructures with reduced dimensions such as zero-dimensional (0D), one-dimensional (1D) and two-dimensional (2D) systems. Zero-dimensional systems are called quantum dots and have many application areas such as electronics and optoelectronics. External factors such as magnetic field, electric field, spin-orbit interaction, potential parameters and the presence of impurity play an important role in the thermodynamic properties of low-dimensional structures and they can change these properties.

In this study, the thermodynamic properties (mean energy, Helmholtz free energy, heat capacity and entropy) of an electron in the GaAs quantum dot with the Gaussian potential and the parabolic-inverse square confinement potential in the presence of external magnetic field are theoretically investigated in the framework of the effective mass approach. The energy values of the system are obtained analytically by solving the Schrödinger equation. The results show that thermodynamic properties are sensitive to temperature, magnetic field, potential parameters and impurity (donor and acceptor). It is hoped that this study contributes to scientific research in the relevant field and have a significant impact on the improvement of semiconductor devices.

Keywords: Quantum dot, Thermodynamic properties, Gaussian and parabolic-inverse square potential, Impurity.

GİRİŞ

Son yıllarda, teknolojide meydana gelen son gelişmelerle birlikte, farklı şekil ve potansiyellerde sınırlandırılmış kuantum kuyu, kuantum tel ve kuantum nokta gibi kuantum sistemlerin fiziksel özelliklerinin araştırılmasına yönelik pek çok teorik ve deneysel çalışma yapılmıştır [1-3]. Bu yarıiletken nanoyapılar arasında diğerlerine nazaran alışılmadık fiziksel özelliklere sahip ve taşıyıcıların tek boyutta sınırlandırıldığı kuantum noktalar dikkat çekmektedir. Kuantum noktaların potansiyel uygulamalarına transistörler, güneş hücreleri, LED'ler, diyot lazerleri, kuantum hesaplama ve tıbbi görüntüleme örnek verilebilir [4-5].

Literatürde kuantum yapıların termodinamik özelliklerine ilişkin pek çok deneysel ve teorik çalışma yapılmıştır [6-12]. Manyetik alan, elektrik alan ve spin-yörünge etkileşimi düşük boyutlu yapıların termodinamik özelliklerini değiştirebilir. Boyacıoğlu ve Chatterjee [13], spin-yörünge etkileşimini ihmal ederek Gaussian sınırlandırması ile GaAs kuantum noktasının özgül ısı ve entropisini, dış manyetik alan varlığında araştırmışlardır. Rashba spin-orbit etkileşiminin ve manyetik alanın, düşük sıcaklıklarda kuantum telinin termodinamik özellikleri üzerindeki etkileri Khordad ve Sedehi [14] tarafından incelenmiştir.

Herhangi bir kuantum noktasının teorisini formüle etmek için sınırlandırma potansiyelinin doğasını bilmek önemlidir. Küresel harmonik osilatör potansiyeli kesin çözümü yapılabildiğinden dolayı bazı avantajları olmasına rağmen [15], bazı yeni deneyler sınırlama potansiyelinin oldukça anharmonik olduğunu ve sınırlı bir derinliğe sahip olduğunu göstermiştir. Adamowsky ve ark.[16] sınırlayıcı potansiyel için daha iyi bir model gibi görünen çekici bir Gaussian potansiyeli önermiştir.

Bu çalışmada, Gaussian potansiyeli ile modüle edilmiş parabolik-ters kare potansiyeli ile sınırlandırılmış GaAs kuantum noktasının termodinamik özellikleri incelenmiştir. Ayrıca safsızlığın bu özellikler üzerine etkisi dikkate alınmıştır. Hesaplamalarda etkin-kütle yaklaşımı kullanılmıştır. Sistemi karakterize eden Schrödinger denklemi tanımlanmış ve enerji özdeğerleri verilmiştir. Eş bölüşüm fonksiyonu kullanılarak sistemin termodinamik özellikleri, ortalama enerji, Helmholtz serbest enerji, ısı sığası ve entropi, nümerik olarak hesaplanmıştır.

TEORİ

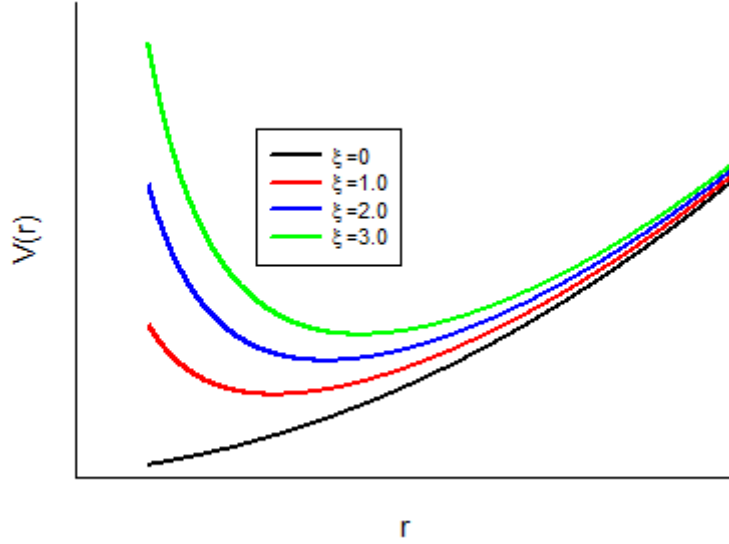
Etkin kütle yaklaşımında, dış bir \vec{B} manyetik alan varlığında $V(r)$ potansiyeli ile sınırlandırılmış kuantum noktasında bulunan bir elektronun Hamiltonyen ifadesi şu şekilde tanımlanır:

$$H_0 = \frac{1}{2m^*} \left[-i\hbar\nabla + \frac{e}{c}\vec{A} \right]^2 + V(r). \quad (1)$$

Burada m^* kuantum noktadaki elektronun etkin kütlesi, \hbar indirgenmiş Planck sabiti, r elektronun pozisyonu, e elektronun yükü, c ışık hızı, \vec{A} , z yönünde uygulanan \vec{B} manyetik alana karşılık gelen vektör potansiyelidir ve $\vec{A} = B(-y/2, x/2, 0)$ olarak seçilmiştir. $V(r)$ sınırlandırıcı potansiyeldir ve Gaussian potansiyeli ve parabolik-ters kare potansiyellerinin toplamı olarak aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$V(r) = \frac{1}{2}m^*w_0^2r^2 + \frac{\hbar^2}{2m^*} \frac{\xi}{r^2} - V_0 \left[1 - \left(\frac{r}{r_0} \right)^2 \right]. \quad (2)$$

Bu denklemde w_0 harmonik sınırlama frekansı, $\xi > 0$ potansiyelin şiddetini belirleyen boyutsuz parametre, V_0 ve r_0 sırasıyla Gaussian potansiyelinin derinliği ve gerilme aralığıdır. r_0 kuantum noktanın yarıçapı olarak varsayılabilir ve kuantum noktanın merkezi civarında, $r/r_0 \ll 1$, Gaussian potansiyeli parabolik potansiyele indirgenir. Farklı ξ değerleri için sınırlandırıcı potansiyelin profili Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1: Farklı ξ değerleri için sınırlandırıcı potansiyel profili.

Spin-Zeeman terimi de dâhil edildiğinde (1) denklemi (3) denklemine dönüşür.

$$H_0 = -\frac{\hbar^2}{2m^*} \nabla^2 + V(r) + \frac{1}{2} \Omega^2 r^2 + \frac{1}{2} \hbar w_c (\hat{L}_z + g^* \hat{S}_z). \quad (3)$$

Burada, $w_c = eB/m^*c$ siklotron frekansı, $\Omega = \left(w_0^2 + \frac{w_c^2}{4} + 2V_0/m^*r_0^2 \right)^{1/2}$ etkin frekans, g^* etkin Lande-g faktörü (GaAs için -0.44 olarak alınmıştır), L_z elektronun açısai momentumunun z- bileşenidir. En genel olarak hidrojenik safsızlığın varlığında Hamiltonyen ifadesini

$$H = H_0 + H'(r), \quad (4)$$

olarak ele alabiliriz. Burada $H'(r) = \frac{\kappa e^2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r}$. $\kappa = -1$ ve ($\kappa = +1$), sırasıyla verici (donör) ve alıcı (aksaptör) safsızlık durumlarına karşılık gelmektedir. Safsızlığın olmadığı durumda sistemin enerji özdeğerleri

$$E_{nls}^0 = (2n + \sqrt{l^2 + \xi} + 1) \hbar \Omega + \frac{(l+g^*s)\hbar w_c}{2} - V_0, \quad (5)$$

olarak hesaplanır. Burada n radyal kuantum sayısı, $l = 0, \pm 1, \pm 2 \dots$ açısai momentum kuantum sayısı ve $s = \pm 1/2$ spin açısai momentum kuantum sayısıdır. Safsızlığın varlığında ise enerji özdeğeri

$$E_{nls} = (2n + 1 + \sqrt{l^2 + \xi} + 1)\hbar\Omega + \frac{(l+g^*s)\hbar\omega_c}{2} - V_0 - \frac{Z}{\Omega_1} \frac{1}{(2n+1+\sqrt{l^2+\xi+1})} \quad (6)$$

şeklindedir. Burada $\Omega_1 = \sqrt{\hbar/m^*\Omega}$ olarak tanımlanmıştır. Sistemin eş bölüşüm fonksiyonu

$$Z = \sum_{n=0}^{N_{max}} \sum_{l=0}^{L_{max}} \sum_{s=-1/2}^{s=+1/2} e^{-\beta E_{nls}}, \quad (7)$$

olarak ifade edilir. Burada k_B Boltzmann sabiti ve T sıcaklık olmak üzere $\beta = 1/k_B T$ 'dir. Eş bölüşüm fonksiyonu kullanılarak aşağıda tanımları verilen sistemin termodinamik özellikleri yani ortalama enerjisi $\langle E \rangle$, Helmholtz serbest enerjisi $\langle F \rangle$, ısı sığası C_v ve entropisi S bulunabilir.

$$\langle E \rangle = k_B T^2 \frac{\partial \ln Z}{\partial T}; \langle F \rangle = k_B T (\ln Z); C_v = \frac{\partial \langle E \rangle}{\partial T}; S = -\frac{\partial \langle F \rangle}{\partial T}. \quad (8)$$

BULGULAR ve TARTIŞMA

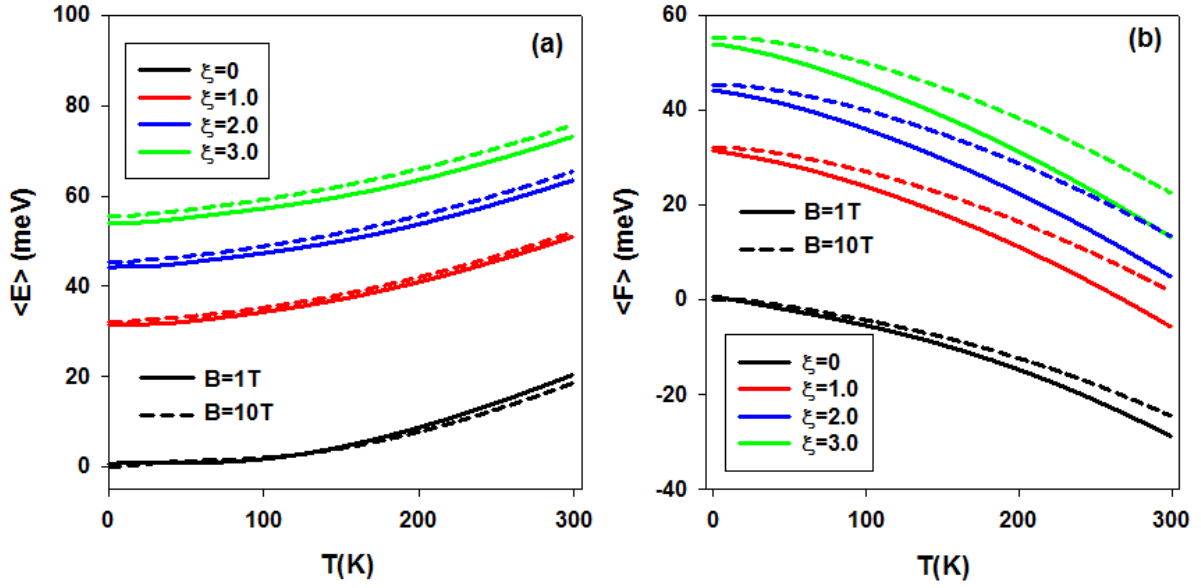
Bu çalışmada nümerik hesaplamaların yapılabilmesi için malzeme olarak GaAs seçilmiştir. GaAs için etkin kütle $m^* = 0.067m_0$ ve dielektrik sabiti $\epsilon = 13.18$ olarak ele alınmıştır. Burada m_0 serbest elektronun kütlesidir. Nümerik hesaplamalarda $N_{max} = 50$ ve $l_{max} = 50$ olarak ele alınmıştır.

Şekil 2a ve b'de farklı ξ ve B değerleri için sırasıyla ortalama enerjinin ve Helmholtz serbest enerjinin sıcaklıkla değişimi verilmiştir. Açıkça görüldüğü gibi sabit manyetik alan ve ξ değerinde sıcaklığın artması ile ortalama enerji artmakta ve serbest enerji azalmaktadır. Sıcaklık arttıkça elektronun kinetik enerjisi ve enerji seviyesi aralığı artmasından dolayı ortalama enerjisinde artış meydana gelmektedir. ξ değerindeki artış sınırlamada artmaya neden olmakta ve ortalama enerjide artış meydana gelmektedir. Şekil 2b'den Helmholtz serbest enerjisinin sıcaklık arttığında azaldığı görülmektedir. Ayrıca, Helmholtz serbest enerjisinin ξ değerine bağlı olduğu açıktır. ξ arttıkça Helmholtz serbest enerjisi artmakta bu da sistemin daha kararsız olduğu anlamına gelmektedir. Sınırlama enerjisi ve termal enerji, kuantum noktanın Helmholtz serbest enerjisinde değişimin derecesini belirlemektedir.

Şekil 3a ve b'de farklı V_0 ve r_0 değerleri için sırasıyla ortalama enerjinin ve Helmholtz serbest enerjinin harmonik sınırlama frekansı ile değişimi verilmiştir. V_0 , r_0 ve w_0 değerlerinde meydana gelen değişim etkin potansiyelde değişikliğe neden olmaktadır. Böylece ortalama enerji ve serbest enerji değerleri bu parametrelere göre değişiklik göstermektedir. Düşük r_0 değerlerinde potansiyel derinliğindeki artış ortalama ve serbest enerjide artışa yol açarken yüksek r_0 değerlerinde azalmaya neden olmaktadır. Gerek ortalama enerji gerekse serbest enerji gerilme aralığı arttıkça azalmakta ve sınırlama frekansı arttıkça artmaktadır. Şekil 3'den açıkça görüldüğü gibi termodinamik özellikler potansiyel parametrelerine sıkı bir şekilde bağlıdır.

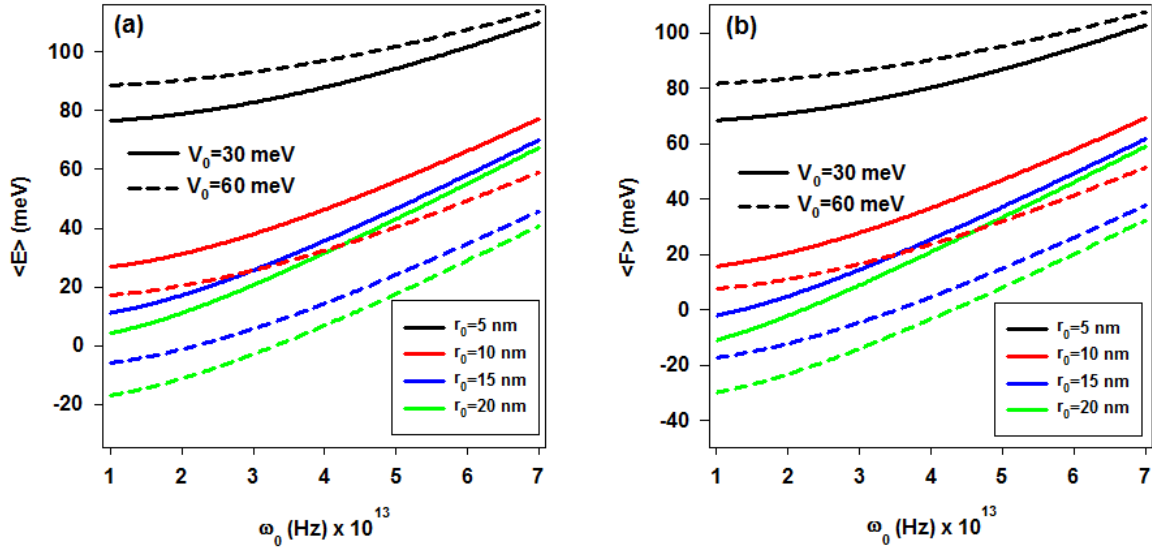
Şekil 4'te farklı ξ değerleri için ısı sığasının manyetik alan ve sıcaklıkla değişimi verilmiştir. Sabit manyetik alan değerinde, düşük sıcaklık değerlerinde ısı sığasında önce bir artış meydana gelmektedir. Isı sığası belirli bir sıcaklık değerinde maksimuma ulaşmakta ve bu değerden sonra azalmaktadır. Sıcaklık daha da arttırıldığında ısı kapasitesi artmaya başlamakta ve yüksek sıcaklıklarda sabit bir değere ulaşmaktadır. Manyetik alan arttıkça

düşük sıcaklıklarda meydana gelen pik değeri sağa doğru kaymakta ve çok yüksek manyetik alan değerlerinde pik değeri net olarak gözükmemektedir.

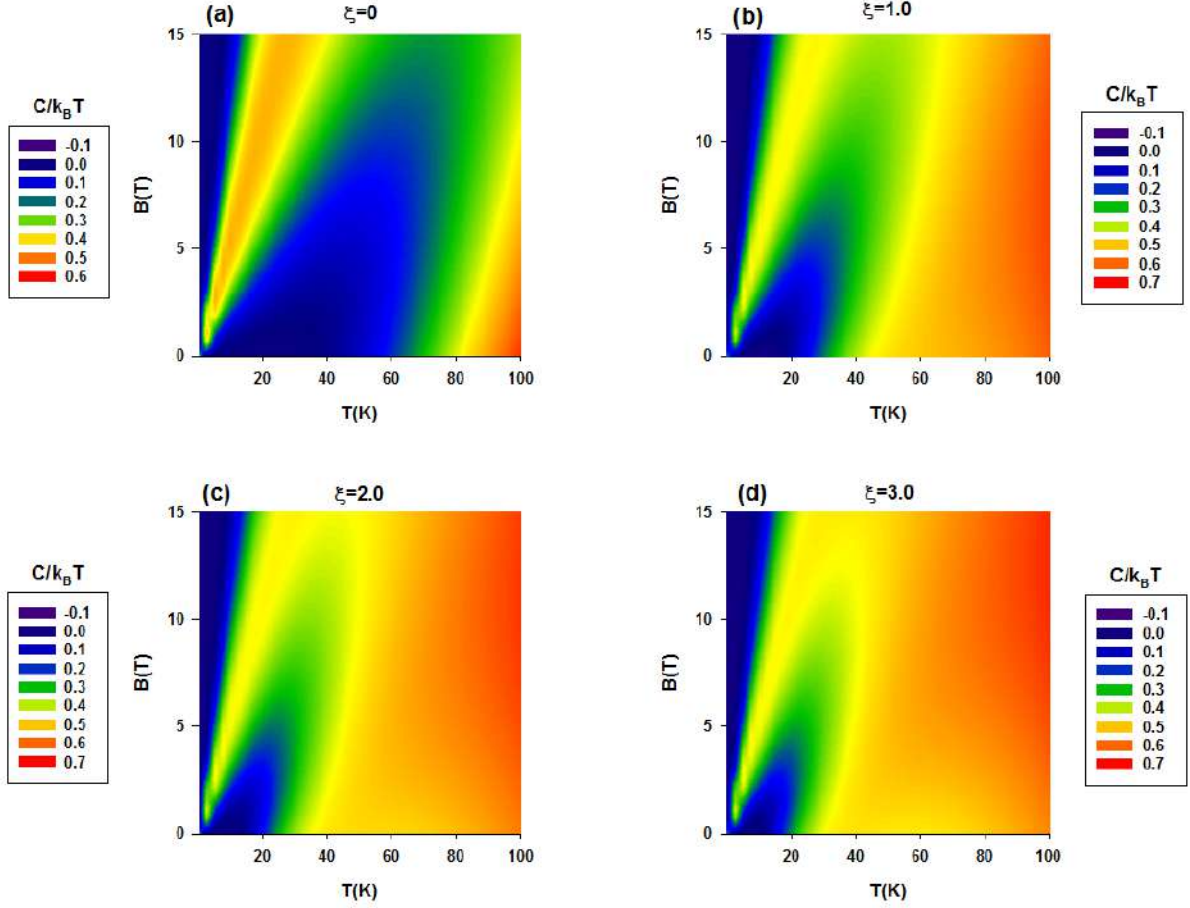


Şekil 2: Farklı ξ ve B değerleri için a) Ortalama enerjinin sıcaklıkla değişimi b) Helmholtz serbest enerjinin sıcaklıkla değişimi.

ξ parametresinin ısı sığası üzerindeki etkisi Şekil 4b-d’de görülmektedir. Düşük sıcaklıklarda ξ değeri ısı sığasında ciddi bir değişikliğe neden olmamaktadır. Bununla birlikte sıcaklık arttıkça ξ değeri arttıkça ısı sığası değerinde $\xi = 0$ değerine göre daha çabuk bir artış gözükmektedir.



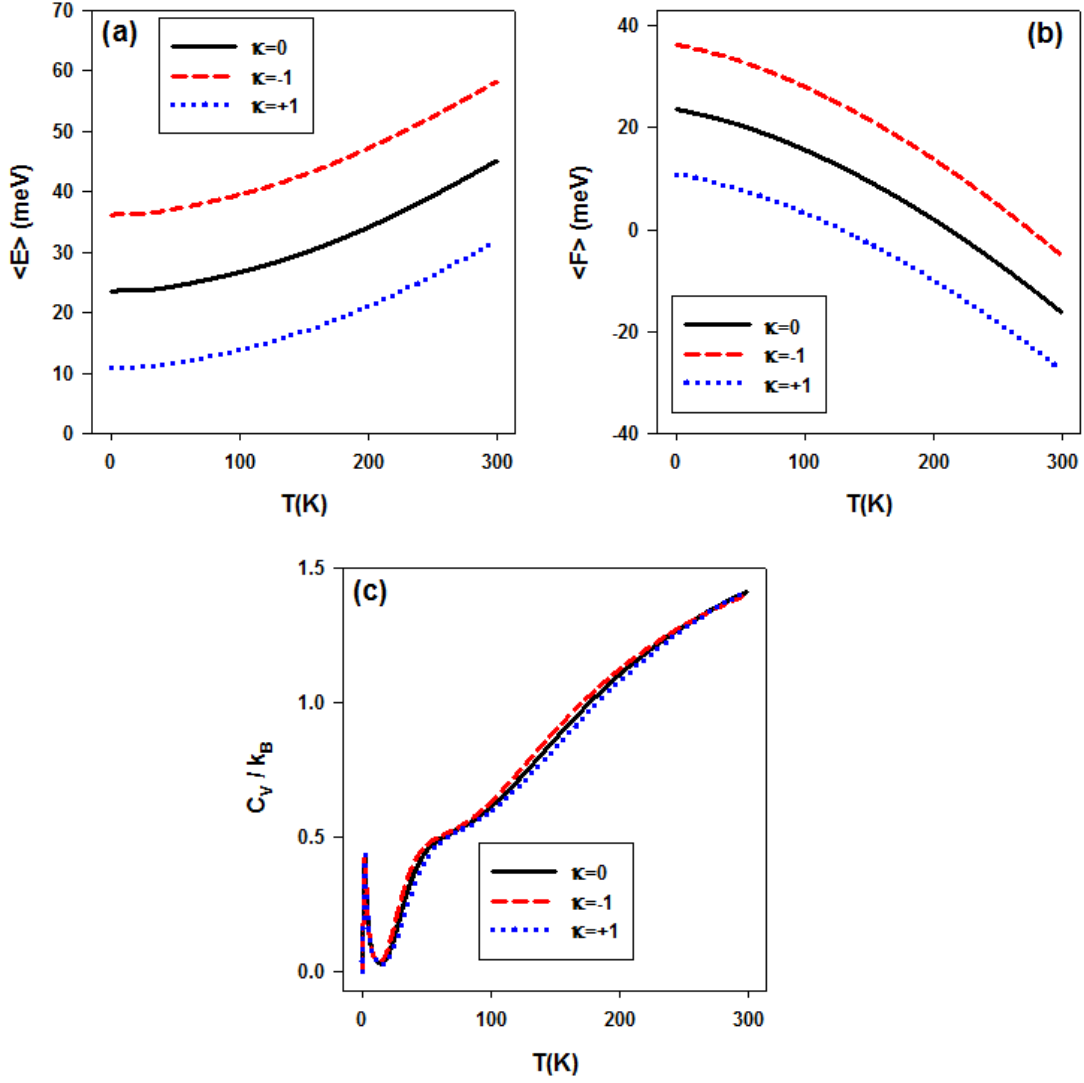
Şekil 3: Farklı V_0 ve r_0 değerleri için a) Ortalama enerjinin harmonik sınırlama frekansı ile değişimi b) Helmholtz serbest enerjinin harmonik sınırlama frekansı ile değişimi.



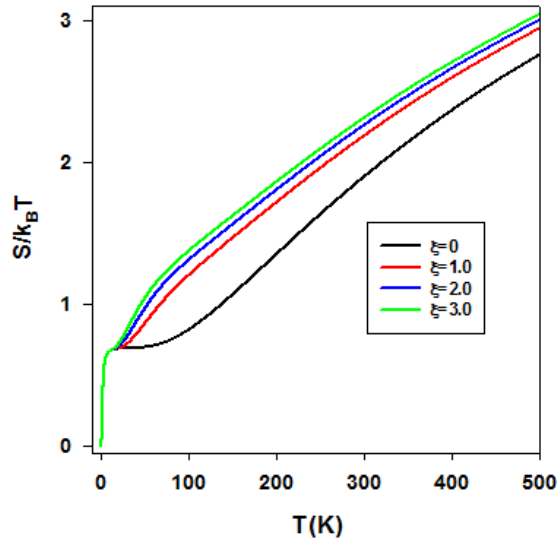
Şekil 4: Isı sığasının manyetik alan ve sıcaklıkla değişimi a) $\xi = 0$ için b) $\xi = 1.0$ için c) $\xi = 2.0$ için d) $\xi = 3.0$ için.

Şekil 5'te sıcaklığın bir fonksiyonu olarak farklı termodinamik özellikler (Şekil 5a'da ortalama enerji, Şekil 5b'de serbest enerji ve Şekil 5c'de ısı sığası) üzerine safsızlığın etkisi incelenmiştir. Safsızlığın verici (donör) olması durumunda tüm termodinamik özellikler artmakta iken safsızlığın alıcı (akseptör) olması halinde ise azaldığı bulunmuştur. Bunun fiziksel açıklaması ise verici safsızlık durumunda safsızlık ile elektron arasında çekici potansiyelinden dolayı negatif bir Coulomb katkısı var iken alıcı safsızlık durumunda pozitif bir katkı olmasıdır. Safsızlığın varlığı kuantum noktanın enerji seviyelerini etkilemekte ve elektronik ve termodinamik özelliklerini değiştirmektedir.

Farklı ξ değerleri için entropinin sıcaklıkla değişimi Şekil 6'da verilmiştir. İyi bilindiği gibi sıcaklık arttıkça düzensizliğin bir ölçüsü olan entropi artmaktadır. Şekil 6 incelendiğinde düşük sıcaklıklarda ξ parametresinin entropi üzerine etkisi ihmal edilebilir. Yaklaşık 10K sıcaklık değerinden sonra ξ parametresinin entropi üzerinde etkisi ortaya çıkmaktadır. ξ parametresi arttıkça entropinin arttığı görülmektedir.



Şekil 5: Safsızlık durumları için a) Ortalama enerjinin b) Helmholtz serbest enerjinin c) Isı sığasının sıcaklıkla değişimi.



Şekil 6: Farklı ξ değerleri için entropinin sıcaklıkla değişimi.

SONUÇ

Dış manyetik alanda bulunan Gaussian potansiyeli ve parabolik-ters kare potansiyeli ile sınırlandırılmış GaAs kuantum noktasının termodinamik özellikleri tartışılmıştır. Sıcaklığın, manyetik alanın, potansiyel parametrelerinin, harmonik sınırlama frekansının ve safsızlığın sistemin ortalama enerji ve serbest enerji üzerine etkisi incelenmiştir. Ayrıca, sistemin ısı sığası ve entropisi üzerine sıcaklığın, manyetik alanın ve safsızlığın etkisi incelenmiştir. Hesaplanan sonuçlar B , w_0 artarken ve verici safsızlık varlığında hem ortalama enerjinin hem de serbest enerjinin arttığını göstermektedir. Bununla birlikte, ξ , T , V_0 ve r_0 artarken ortalama enerjinin arttığı ve serbest enerjinin azaldığı görülmektedir. Düşük sıcaklıklarda ısı sığasının bir pik oluşturduğu ve manyetik alanla bu pikin sağa doğru kaydığı gözlemlenmiştir. Tüm bu sonuçlar ışığında sistemin termodinamik özellikleri belirtilen parametrelere sıkı bir şekilde bağlı olduğu ve bu parametrelerle ayarlanabileceği görülmüştür.

KAYNAKLAR

- [1] X.-H. Qi, X.-J. Kong ve Jian-Jun Liu, Phys. Rev. B 58 (1998) 10578.
- [2] T. Kaneko, M. Koshino ve T. Ando, Phys. Rev. B 78 (2008) 245303.
- [3] T. Puangmali, M. Califano ve Paul Harrison, Phys. Rev. B 78 (2008) 245104.
- [4] L. P. Kouwenhoven, D. G. Austing ve S. Tarucha, Rep. Progr. Phys. 64 (2001) 701.
- [5] M. A. Kastner, Phys. Today 46 (1993) 24.
- [6] E. Gornik, R. Lassnig, G. Strasser, H. L. Störmer, A. C. Gossard ve W. Wiegmann, Phys. Rev. Lett. 54 (1985) 1820.
- [7] J. J. S. De Groote, J. Hornos ve A. Chaplik, Phys. Rev. B 46 (1994) 15397.
- [8] S. Neeleshwar, C. L. Chen, C. B. Tsai ve Y. Y. Chen, Phys. Rev. B 71 (2005) 201307.
- [9] L. E. Diaz-Sanchez, A. H. Romero, M. Cardona, R. K. Kremer ve X. Gonze, Phys. Rev. Lett. 99 (2007) 165504.
- [10] Y. Y. Liao, Phys. Rev. A 89 (2014) 022510.
- [11] J. I. Climente, J. Planelles J ve J. L. Movilla, Phys. Rev. B 70 (2004) 081301.
- [12] O. Voskoboynikov, O. Bauga, C. P. Lee ve O. Tretyak, J. Appl. Phys. 94 (2003) 5891.
- [13] B. Boyacioglu ve A. Chatterjee, J. Appl. Phys. 112 (2012) 083514.
- [14] R. Khordad ve H. R. Sedehi, Solid State Communications 269 (2018) 118.
- [15] S. Erkoc ve R. Sever, Phys. Rev. A 37 (1988) 2686.
- [16] J. Adamowski, M. Sobkowicz, B. Szafran, ve S. Bednarek, Phys. Rev. B 62 (2000) 4234.

AYARLANMIŞ KUANTUM NOKTADA MANYETİK ALINGANLIK: SICAKLIK, MANYETİK ALAN, POTANSİYEL PARAMETRELERİ VE SAFSIZLIK ETKİLERİ

Doç. Dr. Muharrem KIRAK

Yozgat Bozok Üniversitesi, Eğitim Fakültesi

ÖZET

Kuantum boyut etkileri nedeniyle yarı iletken nanokristaller, potansiyel uygulamalarından dolayı son yıllarda büyük ilgi görmüştür. Bu yapıların manyetik özelliklerin incelenmesi nanofizik ve katıhal bilimlerindeki en önemli ve ilginç problemlerden birisidir. Bu bakımdan, farklı geometri ve farklı dış etkenlerde kuantum noktaların manyetik özellikleri pek çok araştırmacı tarafından çalışılmıştır. Bu çalışmada parabolik-ters kare artı Gaussian potansiyeli ile sınırlandırılmış kuantum noktadaki bir elektron ele alınmıştır. Kuantum nokta için malzeme olarak GaAs seçilmiş ve hesaplamalarda bu malzemeye ait fiziksel parametreler kullanılmıştır. Sistemin Hamiltonyeni etkin-kütle yaklaşımı çatısında çözümlenerek enerji seviyeleri elde edilmiş ve böylece manyetik alınganlık sistemin eş bölüşüm fonksiyonundan yola çıkılarak hesaplanmıştır. Manyetik alınganlığın sıcaklık, manyetik alan, potansiyel parametreleri ve safsızlığa göre değişimleri incelenmiş ve paramanyetik-diamanyetik faz diyagramları sunulmuştur. Sonuçlar manyetik alınganlığın bu parametrelere bağlı olduğunu göstermektedir. Dış alanlarla birlikte bu parametreler, başta kuantum noktalar olmak üzere nanoyapıların çeşitli fiziksel özelliklerini ayarlamak ve kontrol etmek kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: : Manyetik Alınganlık, Kuantum Nokta, Gaussian ve Parabolik Ters Kare Potansiyel, Safsızlık

ARSTRACT

Due to the quantum size effects, semiconductor nanocrystals have received great attention in recent years due to their potential applications. The investigation of the magnetic properties of these structures is one of the most important and interesting problems in nanophysics and solid state sciences. From this perspective, the magnetic properties of quantum dots in different geometries and external factors have been studied by many researchers. In this study, an electron in a quantum dot confined by the parabolic-inverse square plus Gaussian potential is discussed. GaAs are selected as the material for the quantum dot and the physical parameters of this material are used in the calculations. The Hamiltonian of the system is solved in the framework with the effective-mass approach and energy levels are obtained and so the magnetic susceptibility is calculated from the partition function of the system. The effects of temperature, magnetic field, potential parameters and impurities on the magnetic susceptibility are investigated and the paramagnetic-diamagnetic phase diagrams are presented. The results show that magnetic susceptibility is dependent on these parameters. Together with external fields, these parameters can be used to adjust and control the various physical properties of nanostructures, particularly quantum dots.

Keywords: Magnetic susceptibilty, Quantum dot, Gaussian and parabolic-inverse square potential, Impurity

GİRİŞ

Yarıiletken düşük boyutlu yapılar üzerine yapılan çalışmalar, katıhal fiziğinde devrim niteliğinde olduğu aşikârdır. Yapılan çalışmalarda en önemli noktalardan biri de bu yapıların hazırlanma süreçleridir. Şimdiye kadar, boyutları ve şekilleri kontrol edilebilen nanoyapılar moleküler ışın epitaksi, metal-organik kimyasal buhar biriktirme ve kimyasal litografi gibi çeşitli süreçler kullanılarak hazırlanmıştır [1-3]. Bu nedenle, nanofabrikasyon tekniklerindeki gelişmelere dayanarak nanoyapıların doğasını anlamaya yönelik teorik çalışmalarda daha da hız kazanmıştır. Üzerinde çalışılan nanoyapılardan birisi de yapay atom olarak da kuantum noktalarıdır. Bu yapılarda, tüm yönleri boyunca elektron hareketi sınırlandırılmış ve elektronlar sıfır boyutlu sistemleri oluşturmak üzere yarıiletken ara yüzde hapsedilmiştir. Parabolik, lens şekli, koni benzeri, Gauss ve modifiye edilmiş Gauss gibi farklı geometrilere sahip olan kuantum noktalarının teorik olarak incelenmesi, son yıllarda çok çalışılan konular arasında yer almıştır [4-7].

Kuantum noktaların ilgi çekici fiziksel özelliklerinden birisi de manyetik özellikleridir. Bunu nedeni manyetik alanın düşük boyutlu yarı iletken sistemlerinin enerji spektrumunda değişikliğe neden olması ve deneysel bakış açısında bu değişim ile optoelektronik cihazların ayarlanabilmesidir [8]. Elektrik alan, manyetik alan ve safsızlığın varlığında GaAs parabolik kuantum noktanın manyetik özellikleri Yaseen ve ark. [9] tarafından incelenmiştir. Sharma ve ark. [10] spin-Zeeman terimi içeren iki elektronlu Gaussian GaAs kuantum noktasının elektronik ve manyetik özelliklerini nümerik köşegenleştirme yöntemi kullanarak araştırmışlardır. Gaussian potansiyelinde ile sınırlandırılmış GaAs, InAs ve InSb kuantum noktalarında miknatislanma ve manyetik alınganlık gibi manyetik özellikler spin-orbit etkileşim parametresinin fonksiyonu olarak Boda ve ark. [11] tarafından hesaplanmıştır. Yakın zamanda Boda [12] dış manyetik alan içerisindeki parabolik potansiyelli iki boyutlu yarıiletken kuantum noktasında nötr yüklü bir verici safsızlık, alıcı safsızlık ve bir elektron problemini etkin-kütle yaklaşımı altında nümerik matris köşegenleştirme metodu kullanarak ele almıştır. Son olarak, gürültü varlığında safsızlık katkılanmış kuantum noktanın manyetik alınganlık analizi Bera ve ark. [13] tarafından yapılmıştır.

Bu çalışmada, Gaussian potansiyeline ek olarak parabolik-ters kare potansiyelli kuantum noktasında hareket eden tek bir elektron ele alınmıştır. Etkin-kütle yaklaşımı çatısı altında sistemin enerji özdeğerleri verilerek eş bölüşüm fonksiyonu elde edilmiştir. Bu noktadan hareketle sıcaklık, manyetik alan ve potansiyel parametrelerine bağlı olarak manyetik alınganlık hesaplanmıştır.

TEORİ

Etkin kütle yaklaşımında, dış bir \vec{B} manyetik alan varlığında $V(r)$ potansiyeli ile sınırlandırılmış kuantum noktasında bulunan bir elektronun Hamiltonyen ifadesi şu şekilde tanımlanır:

$$H_0 = \frac{1}{2m^*} \left[-i\hbar\nabla + \frac{e}{c}\vec{A} \right]^2 + V(r). \quad (1)$$

Burada m^* kuantum noktadaki elektronun etkin kütlesi, \hbar indirgenmiş Planck sabiti, r elektronun pozisyonu, e elektronun yükü, c ışık hızı, \vec{A} , z yönünde uygulanan \vec{B} manyetik alana karşılık gelen vektör potansiyelidir ve $\vec{A} = B(-y/2, x/2, 0)$ olarak seçilmiştir. $V(r)$

Gaussian potansiyeli ve parabolik-ters kare potansiyellerinin toplamı şeklinde belirlenen sınırlandırıcı potansiyeldir ve aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$V(r) = \frac{1}{2}m^*w_0^2r^2 + \frac{\hbar^2}{2m^*r^2}\xi - V_0 \left[1 - \left(\frac{r}{r_0}\right)^2\right]. \quad (2)$$

Bu denklemde w_0 harmonik sınırlama frekansı, $\xi > 0$ potansiyelin şiddetini belirleyen boyutsuz parametre, V_0 ve r_0 sırasıyla Gaussian potansiyelinin derinliği ve gerilme aralığıdır. r_0 kuantum noktanın yarıçapı olarak varsayılabilir ve kuantum noktanın merkezi civarında, $r/r_0 \ll 1$, Gaussian potansiyeli parabolik potansiyele indirgenir.

Spin-Zeeman terimi de dâhil edildiğinde (1) denklemi (3) denkleme dönüşür.

$$H_0 = -\frac{\hbar^2}{2m^*}\nabla^2 + V(r) + \frac{1}{2}\Omega^2r^2 + \frac{1}{2}\hbar w_c(\hat{L}_z + g^*\hat{S}_z). \quad (3)$$

Burada, $w_c = eB/m^*c$ siklotron frekansı, $\Omega = \left(w_0^2 + \frac{w_c^2}{4} + 2V_0/m^*r_0^2\right)^{1/2}$ etkin frekans, g^* etkin Lande-g faktörü (GaAs için -0.44 olarak alınmıştır), L_z elektronun açısız momentumunun z- bileşenidir. En genel olarak hidrojenik safsızlığın varlığında Hamitonyen

$$H = H_0 + H'(r), \quad (4)$$

olarak yazılabilir. Burada $H'(r) = \frac{\kappa e^2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r}$. $\kappa = -1$ ve ($\kappa = +1$), sırasıyla verici (donör) ve alıcı (akseptör) safsızlık durumlarına karşılık gelmektedir. Safsızlığın olmadığı durumda sistemin enerji özdeğerleri

$$E_{nls}^0 = (2n + \sqrt{l^2 + \xi} + 1)\hbar\Omega + \frac{(l+g^*s)\hbar w_c}{2} - V_0, \quad (5)$$

olarak hesaplanır. Burada n radyal kuantum sayısı, $l = 0, \pm 1, \pm 2 \dots$ açısız momentum kuantum sayısı ve $s = \pm 1/2$ spin açısız momentum kuantum sayısıdır. Safsızlığın varlığında ise enerji özdeğeri

$$E_{nls} = (2n + 1 + \sqrt{l^2 + \xi} + 1)\hbar\Omega + \frac{(l+g^*s)\hbar w_c}{2} - V_0 - \frac{Z}{\Omega_1} \frac{1}{(2n+1+\sqrt{l^2+\xi+1})} \quad (6)$$

şeklindedir. Burada $\Omega_1 = \sqrt{\hbar/m^*\Omega}$ olarak tanımlanmıştır. Sistemin eş bölüşüm fonksiyonu

$$Z = \sum_{n=0}^{N_{max}} \sum_{l=0}^{L_{max}} \sum_{s=-1/2}^{s=+1/2} e^{-\beta E_{nls}}, \quad (7)$$

olarak ifade edilir. Burada k_B Boltzmann sabiti olmak üzere $\beta = 1/k_B T$ 'dir. Eş bölüşüm fonksiyonu kullanılarak Miknatislanma $\langle M \rangle$ ve manyetik alınganlık χ ifadeleri sırasıyla

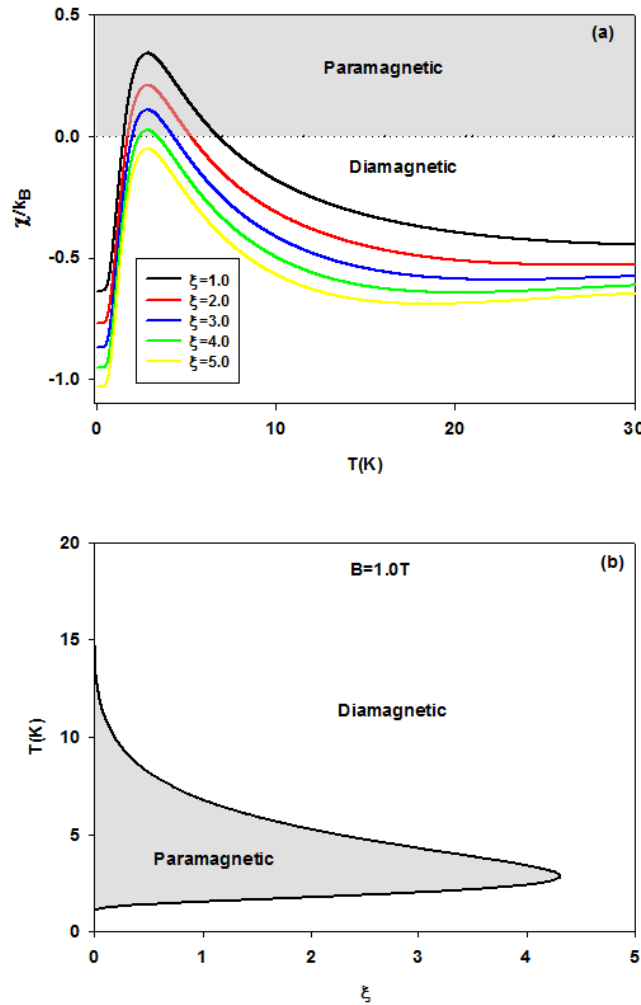
$$\langle M \rangle = \frac{1}{\beta Z} \left(\frac{\partial Z}{\partial B}\right) \text{ ve } \chi = \left(\frac{\partial \langle M \rangle}{\partial B}\right), \quad (8)$$

olarak tanımlanır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

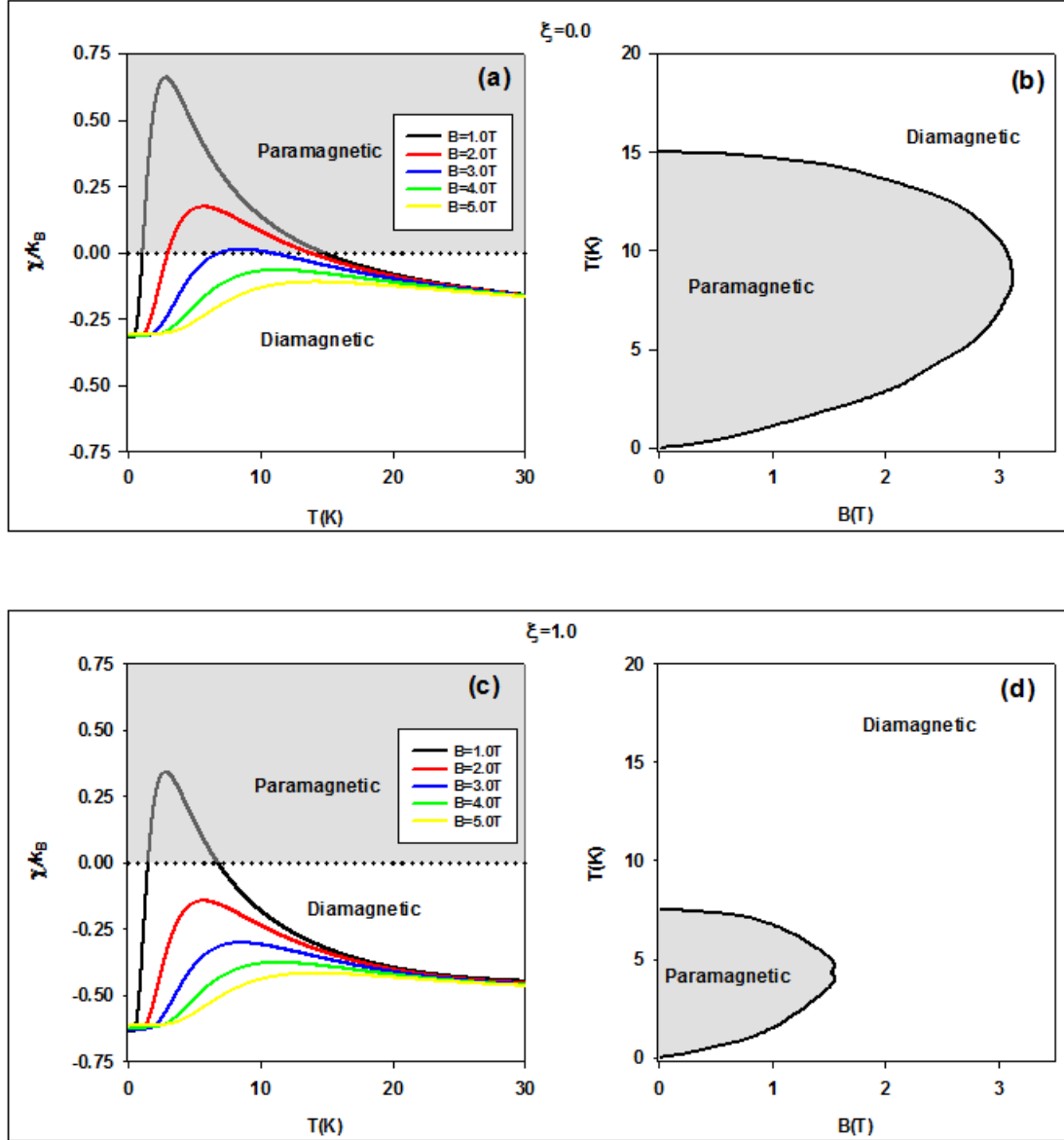
Bu çalışmada nümerik hesaplamaların yapılabilmesi için malzeme olarak GaAs seçilmiştir. GaAs için etkin kütle $m^* = 0.067m_0$ ve dielektrik sabiti $\epsilon = 13.18$ olarak ele alınmıştır. Burada m_0 serbest elektronun kütlesidir. Nümerik hesaplamalarda $N_{max}=50$ ve $l_{max}=50$ olarak ele alınmıştır.

Şekil 1(a)'da çeşitli ξ değerleri için manyetik alınganlığın sıcaklığa göre değişimi verilmiştir. Bu grafikte $r_0 = 10nm$, $V_0 = 30meV$, $w_0 = 1 \times 10^{13}Hz$ ve $B = 1.0T$ alınmıştır. Şekil 1(a) incelendiğinde manyetik alınganlığın sıcaklıkla arttığı, bir maksimum değere ulaştığı ve belirli bir sıcaklık değerinden sonra azalarak sabit bir değere gittiği görülmektedir. Bilindiği gibi $\chi < 0$ durumlarda malzeme diamanyetik olarak tanımlanırken $\chi > 0$ durumlarda malzeme paramanyetik olarak tanımlanır. ξ değeri arttıkça manyetik alınganlığın maksimum değeri azalmakta ve azalan sıcaklık değerlerine kaydığı görülmektedir. Küçük ξ değerlerinde malzeme diamanyetik fazdan artan sıcaklıkla paramanyetik faza sonra da tekrar diamanyetik faza geçtiği görülmektedir. Bununla birlikte, büyük ξ değerlerinde malzeme diamanyetik fazda olup herhangi bir faz geçişi gözlemlenmemiştir. Sabit bir manyetik alanda, $\xi - T$ faz diyagramında Şekil 1(b)'de gösterilmiştir.



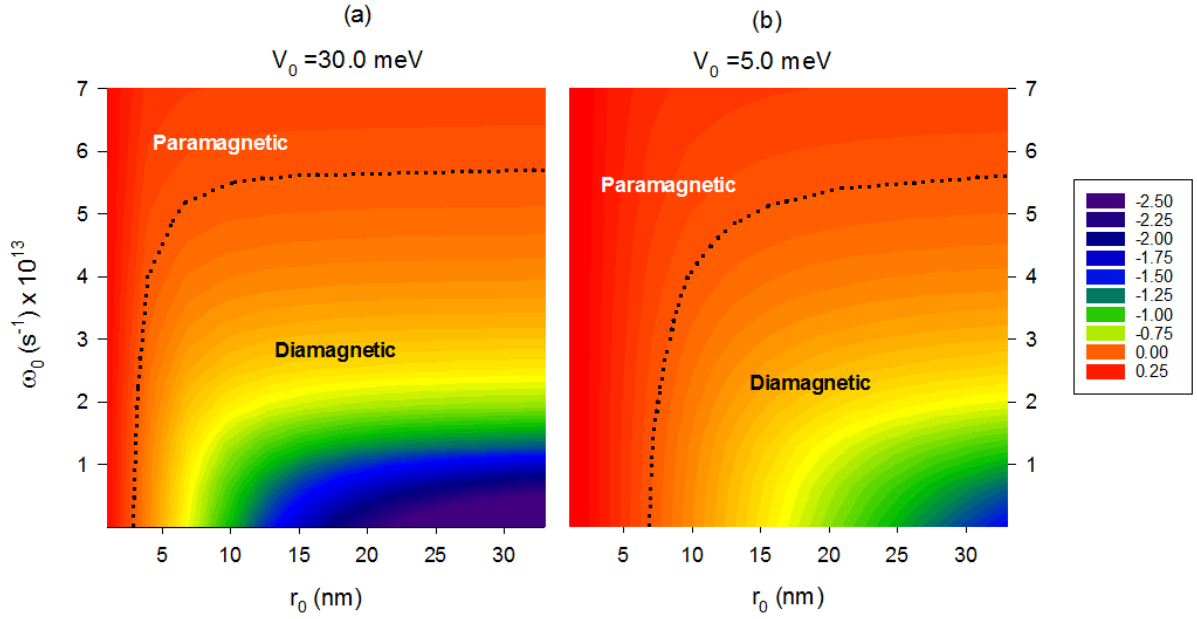
Şekil 1: a) Farklı ξ değerleri için manyetik alınganlığın sıcaklıkla değişimi. b) Sabit manyetik alanda $\xi - T$ faz diyagramı.

Şekil 2’de $\xi = 0$ ve $\xi = 1$ değerleri için farklı manyetik alan değerlerinde manyetik alınganlığın sıcaklıkla değişimi ve faz diyagramları verilmiştir. Bu şekil, $r_0 = 10nm$, $V_0 = 30meV$ ve $w_0 = 1 \times 10^{13}Hz$ değerleri için çizilmiştir. Şekil 2(a) ve 2(c) incelendiğinde, manyetik alınganlığın sıcaklık ile değişimi Şekil 1(a)’daki davranışa benzerdir. Bununla birlikte, manyetik alan değeri arttıkça manyetik alınganlığın azaldığı görülmüştür. Şekil 2(b)’deki faz diyagramı incelendiğinde, düşük sıcaklıklarda ve manyetik alanın belirli değerlerinde sistemde paramanyetik faz gözükmemektedir. Bununla birlikte, $\xi = 1$ durumu incelendiğinde (Bkz. Şekil 2(d)), paramanyetik faz bölgesinin küçüldüğü görülmektedir. Daha yüksek ξ değerlerinde ise paramanyetik faz tamamen kaybolduğu Şekil 1’den görülmektedir.

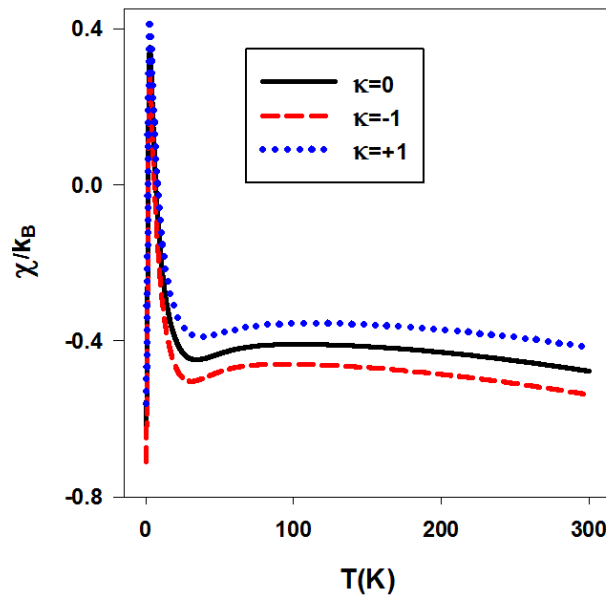


Şekil 2: a) $\xi = 0$ için farklı B değerleri için manyetik alınganlığın sıcaklıkla değişimi. b) $\xi = 0$ için $B - T$ faz diyagramı. c) $\xi = 1$ için farklı B değerleri için manyetik alınganlığın sıcaklıkla değişimi. d) $\xi = 1$ için $B - T$ faz diyagramı.

Şekil 3(a) ve (b)'de, sırasıyla $V_0 = 30\text{meV}$ ve $V_0 = 5\text{meV}$ değerleri için, sabit sıcaklık ve manyetik alan değerlerinde manyetik alınganlığın r_0 ve w_0 ile değişimleri gösterilmiştir. Her iki şekilden de görüldüğü gibi manyetik alınganlık artan r_0 ile azalırken, artan w_0 değerleri ile artmaktadır. Düşük r_0 ve yüksek w_0 değerlerinde sistem paramanyetik faz sergilemektedir. V_0 potansiyel derinliğinin azalmasıyla diamanyetik faz bölgesinin küçüldüğü görülmüştür. Şekil 4'te $r_0 = 10\text{nm}$, $V_0 = 30\text{meV}$, $B = 1\text{T}$, $\xi = 1$ ve $w_0 = 1 \times 10^{13}\text{Hz}$ değerleri için safsızlığın manyetik alınganlık üzerine etkisi incelenmiştir. Şekilden de görülebileceği gibi, düşük sıcaklıklarda safsızlığın manyetik alınganlık üzerine etkisi ihmal edilebilir. Bununla birlikte, sıcaklık arttıkça, verici safsızlık durumunda $\kappa = -1$ manyetik alınganlık azalırken, alıcı safsızlık durumunda $\kappa = +1$ manyetik alınganlık artmıştır.



Şekil 3: Manyetik alınganlığın r_0 ve w_0 ile değişimi a) $V_0 = 30\text{meV}$ için b) $V_0 = 5\text{meV}$ için.



Şekil 4: Safsızlığın manyetik alınganlık üzerine etkisi.

SONUÇ

Dış manyetik alanda bulunan ve Gaussian potansiyeli ile birlikte parabolik-ters kare potansiyelinde bulunan GaAs kuantum noktasında sıcaklığın, manyetik alanın, potansiyel parametreleri ve safsızlığın manyetik alınganlık üzerine etkileri incelenmiştir. Sıcaklıkla manyetik alınganlığın önce arttığı, daha sonra azaldığı ve yüksek sıcaklıklarda azaldığı bulunmuştur. Ayrıca manyetik alınganlığın, r_0 , w_0 ve manyetik alanla azaldığı görülmüştür. Sistemde paramanyetik ve diamanyetik faz olmak üzere iki fazın varlığı tespit edilmiş ve bu faz bölgelerin büyüklüğü belirtilen parametrelere göre değiştiği sonucuna varılmıştır. Yapılan hesaplamalar verici safsızlığın manyetik alınganlık değerini azalttığını ve bunun aksine alıcı safsızlığın arttırdığını göstermektedir. Tüm hesaplamalar dikkate alındığında manyetik özelliklerin söz konusu parametrelere sıkı bir şekilde bağlı olduğunu söyleyebiliriz.

KAYNAKLAR

- [1] S. H. Khezri, A. Yazdani ve R. Khordad, Eur. Phys. J. Appl. Phys. 59 (2012) 30401.
- [2] A.Y. Cho ve J.R. Arhur, Prog. Solid State Chem. 10 (1975) 157.
- [3] S. Hersee ve J.P. Duchemim, Annu. Rev. Mater. Sci. 12 (1982) 65.
- [4] R. Khordad ve H. Bahramiyan, Commun. Theor. Phys. 62 (2014)283.
- [5] R. Khordad ve H. Bahramiyan, Opt. Spect. 117 (2014) 447.
- [6] M. Tshipa, Indian J. Phys. 86 (2012) 807.
- [7] R. Khordad, H. Bahramiyan, Physica E 66 (2015)107.
- [8] E. C. Niculescu, C. Stan, M. Cristea ve C. Truscă, Chem. Phys. 493 (2017) 32.
- [9] A. Yaseen, A. Shaer ve M. K. Elsaid, Chinese Journal of Physics 60 (2019) 598.
- [10] H. K. Sharma, A. Boda, B. Boyacioglu ve A. Chatterjee, Journal of Magnetism and Magnetic Materials 469 (2019) 171.
- [11] A. Boda, B. Boyacioglu, U. Erkaslan ve A. Chatterjee, Physica B 498 (2016)43.
- [12] A. Boda, Journal of Magnetism and Magnetic Materials 483 (2019) 83.
- [13] A. Bera, A. Ghosh ve M. Ghosh, Journal of Magnetism and Magnetic Materials 484 (2019) 391.

PRODUCING *CORCHORUS CAPSULARIS* L. FIBERS MODIFIED WITH LAYERED DOUBLE HYDROXIDES

PhD. Student Derya KILIC*,

Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Burdur, TURKEY

Asst. Prof. Ruken Esra DEMIRDOGEN,

Cankiri Karatekin University, Cankiri, TURKEY

Asst. Prof. Ashhan CESUR TURGUT,

Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Burdur, TURKEY

Asst. Prof. Tuncay YESILKAYNAK,

SütçüImamUniversity, TR46500, Kahramanmaras, Turkey

Prof. Fatih Mehmet EMEN,

Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Burdur, TURKEY

PhD. Student Ali İhsan KARACOLAK

Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Burdur, TURKEY

ABSTRACT

Cleaning water sources from oil pollutants is of great ecological and economic significance. Adsorption is one of the most effective and efficient methods for water purification. Layered double hydroxides have flexible properties, high crystallinity, large surface area, lamellar structure, uniform composition, eco-friendly durability, easy preparation methods, high ion exchange capacity.

In this study, MgMo-LDH-LS was synthesized via controlled precipitation method. MgMo-LDH-LS-Jute composite was prepared via hydrothermal synthesis. MgMo-LDH-LS and MgMo-LDH-LS-Jute composite materials were characterized via FT-IR, XRD, SEM-EDS and BET techniques. MgMo-LDH-LS-Jute composite gave better absorption results than jute fiber.

Keywords : Corchoruscapsularis L., Water pollution, LDH composite

INTRODUCTION

Increased mechanization in modern world brought along an increase in the amount of lubricant consumption and spill over in the environment. It was reported that in 2014 annual global lubricant consumption was about 64 million barrels. It is forecasted that each year this would increase 1 million barrel. Hence spill over of the lubricants in the environment would cause irreversible damage and would disturb the biota, cause devastate living things as well as have negative impact on business life, decrease manpower, quality of life and psychology due to the sicknesses and diseases it would cause, Even removal of spilled lubricants causes considerable economic burden. In a study made in US it was reported that only the average cost of cleaning aquatic medium polluted with heavy lubricants \$25,614.63/ton (Etkin, 2000). Cleaning lubricants via materials with both hydrophobic and oleophilic properties is preference of choice, because it allows removal of lubricants in an appropriate way and would not cause secondary pollution. The first example for removing lubricants from water was accomplished via the material prepared by Jiang et al. which was covered with hydrophobic and oleophilic properties (Feng, et. al., 2003). Recently porous materials at nano or micro-meter scale with excellent surface superhydrophobicity along the same lines have been successfully used as sorbent materials for removal and sorption of oil and other organic

pollutants from water. In a representative study, Yuan et al. have reported that oil is selectively absorbed via a nanofiber membrane wetted with water (Yuan, et. al., 2008). Due to their excellent selective sorption ability, fast sorption kinetic and high capacities these sorbents have great advantages over conventional sorbents (Clifford, et al.,1986). Developing effective sorbent materials for removing industrial organic pollutants and oil, which cause aquatic/water pollution globally, has gained much importance and among them the most studied ones are silica, organic inorganic hybrids, functionalized polymers, resins and carbon nanotubes. Layered Double Hydroxides (LDHs), which are also known as hydrotalcite materials, can be used as sorbent materials since they have high surface area, crystalline and lamellar structure, uniform composition and they are eco-friendly and durable. These materials, which can attain superhydrophobicity upon functionalization of hydrophobic organic molecules, are promising sorbents for removing oil from water.

In this study, hydrophobic MgMo-LDH-LS-Jute composites were prepared and their structures were investigated via FT-IR, XRD, SEM-EDS and BET techniques and they were used in removing oil from water.

EXPERIMENTAL

Materials and Methods

Synthesis of MgMo-LS Layered Double Hydroxide (MgMo-LDH-LS)

0.250 mol $Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ and 0.083 mol $Na_2MoO_4 \cdot 6H_2O$ salts were dissolved in 40mL distilled water. Then this solution was mixed with dodecyl sulfate solution prepared by dissolving 0.166 mol of sodium dodecyl sulfate in 100 mL distilled water. Then the pH of the solution was adjusted to $7,0 \pm 0,1$ via 2 M NaOH solution and the pH was maintained constant (Crepaldiet. al, 2002). After stirring this solution for 18 hours it was left to age for 24 hours. Then the precipitate was filtered and was washed with distilled water. Following this it was dried in oven at 35 °C.

Preparation of LDH-Jute Fiber Composites (MgMo-LDH-LS-Jute)

Suspension of the LDHs and the jute fibers prepared in ethanol were placed inside the steel vessel in the hydrothermal reactor and were allowed to react at 120 °C for three days. Then the composites, which were thus obtained, were dried at room temperature.

Removal of Lubricant from Water

20 mL mineral lubricant was mixed with 150 mL distilled water. In order to remove oil from water 1 g of Jute fibers and MgMo-LDH-LS-Jute composites were weighed and each was immersed in oil-water mixture separately for 4 hours. Then the fibers were removed from the mixture via pincers. After the fibers were dried at room temperature the fibers were weighed again and the amount of oil sorbed was calculated.

RESULTS AND DISCUSSION

Structural Characterization Studies

FT-IR studies

The FT-IR spectra of the jute fiber, MgMo-LDH-LS and MgMo-LDH-LS-Jute composite are obtained in the range from 4000 to 400 cm^{-1} as given in Figure 1, 2 and 3, respectively. The FT-IR spectrum revealed that MgMo-LDH-LS was incorporated in the pores of the jute fibers and the MgMo-LDH-LS-Jute composite is obtained.

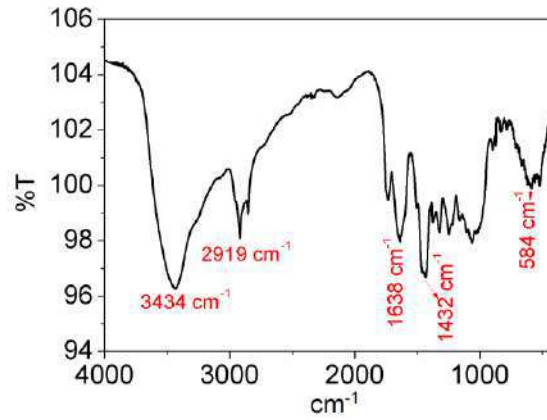


Figure 1. FT-IR spectrum of Jute fiber

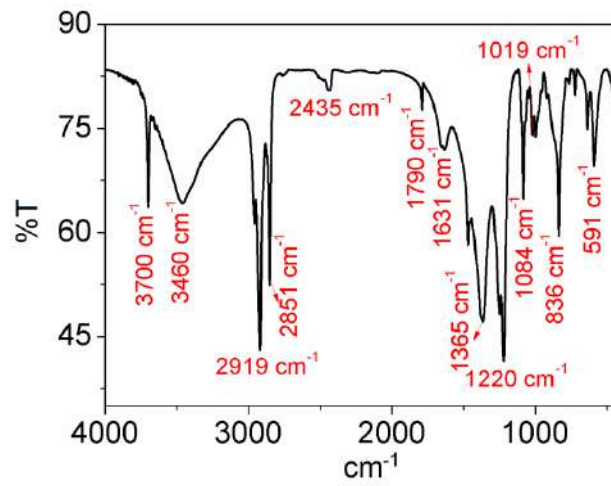


Figure 2. FT-IR spectrum of MgMo-LDH-LS

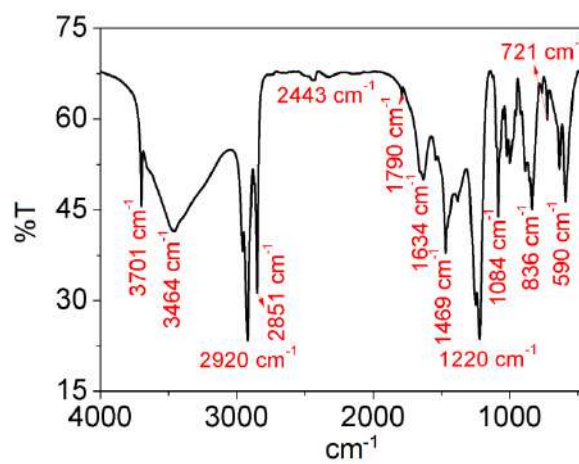


Figure 3. FT-IR spectrum of MgMo-LDH-LS-Jutecomposite

XRD studies

XRD powder diffraction pattern of MgMo-LDH-LS is presented in Figure 4. In the XRD powder diffraction pattern of MgMo-LDH-LS it was observed that hydroxalcite type LDH crystallizes as brucite structure (PDF card No: 89-0460) (Trujillano et. al, 2018).

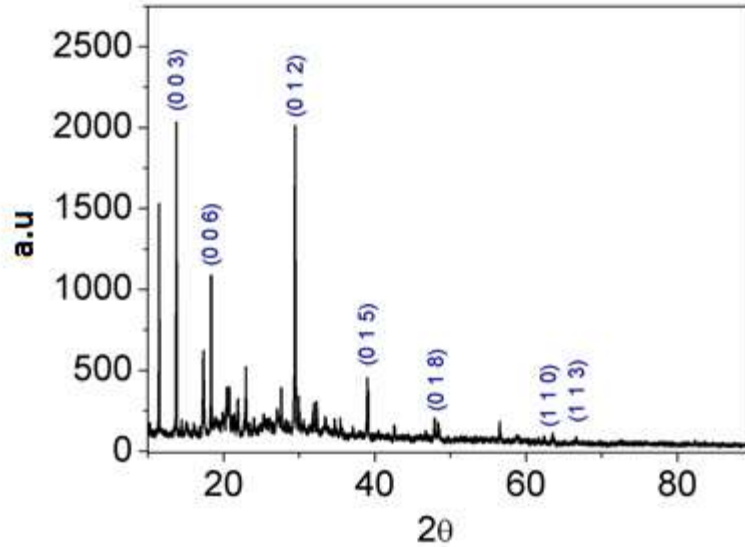


Figure 4. XRD Powder Pattern of MgMo-LDH-LS

Thermal Analysis Studies

TG/DTA curves of MgMo-LDH-LS and MgMo-LDH-LS/Jute are given in Figure 5 and 6, respectively. MgMo-LDH-LS decomposes in five stages while MgMo-LDH-LS-Jute composite decomposes in four steps. In the TG curves it was observed that water molecules between the layers are removed in the temperature range from 25 to 100 °C. In Table 1 is given the data regarding the decomposition steps.

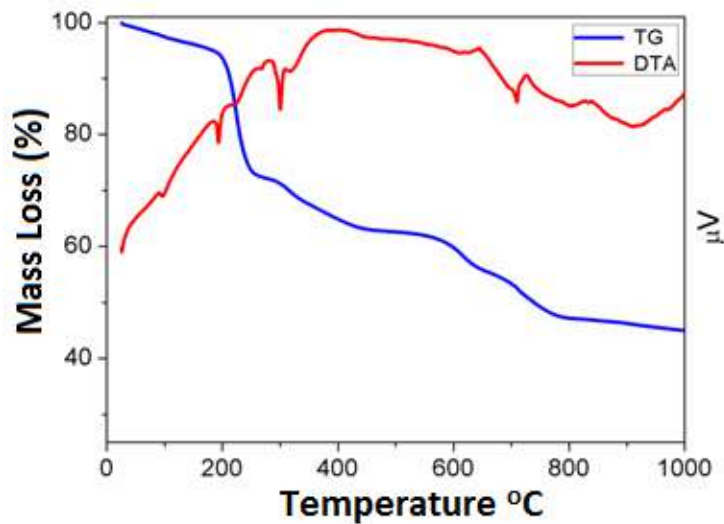


Figure 5. TG/DTA curves of MgMo-LDH-LS

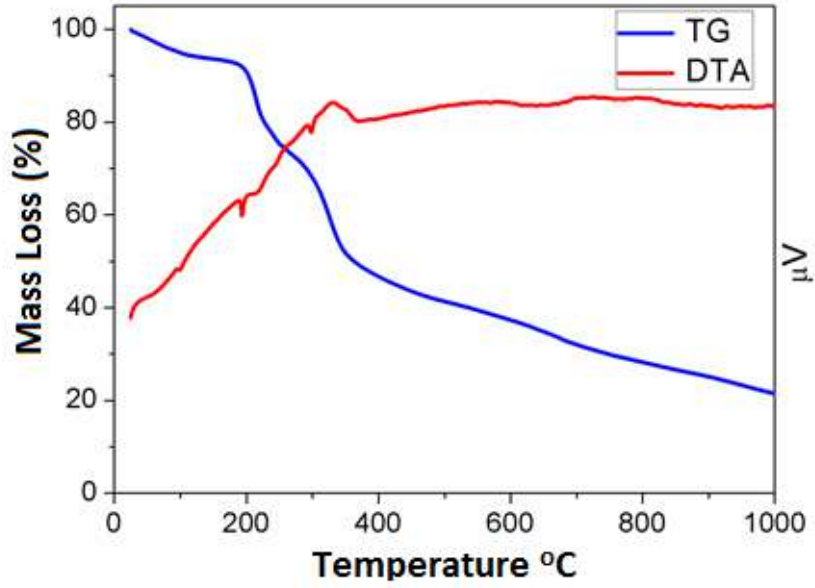


Figure 6. TG/DTA curves of MgMo-LDH-LS/Jute

Table 1. TG data of the decomposition stages of the composite and LDH

Compound	Decomposition step	TG temperature range (°C)	Mass Loss (%)	Final product (%)
MgMo-LDH-LS	I	20-100	5.00	-
	II	180-252	21.67	-
	III	252-469	10.49	-
	IV	469-637	6.69	-
	V	637-805	9.24	46.91
MgMo-LDH-LS/J	I	20-164	7.08	-
	II	164-254	18.74	-
	III	254-381	26.46	-
	IV	381-996	26.09	21.63

Surface Morphology Studies (SEM)

SEM images of MgMo-LDH-LS showed that they had irregular lamellar structure and they were successfully incorporated in the jute fibers to give LDH-LS-fiber composites.

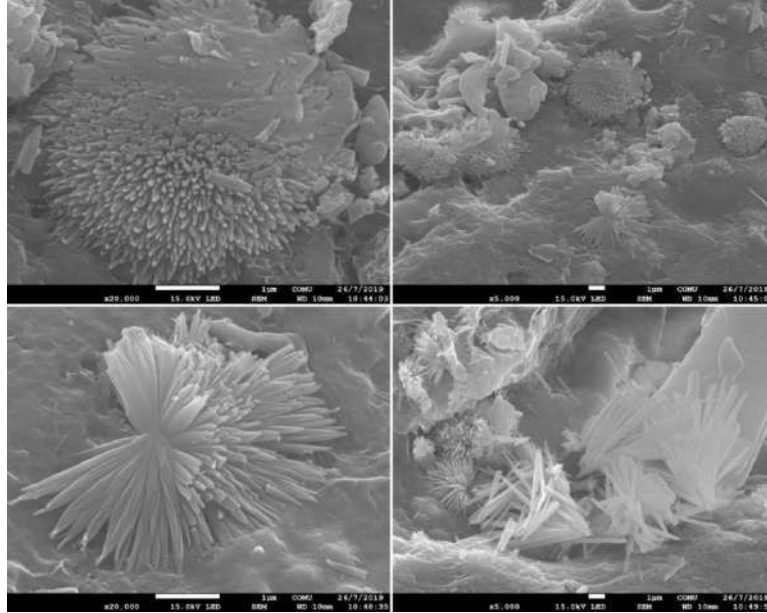


Figure 7. SEM image of MgMo-LDH-LS

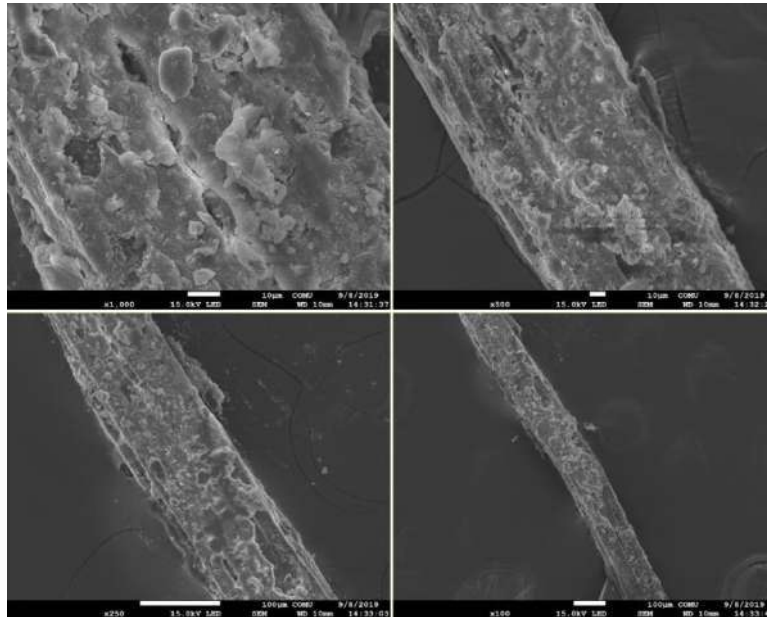


Figure 8. SEM image of MgMo-LDH-LS-Jute composite

Nitrogen adsorption-desorption Studies

Nitrogen adsorption-desorption isotherms of MgMo-LDH-LS are given in Figure 9. BET surface area of the MgMo-LDH-LS was calculated as $0.69 \text{ m}^2/\text{g}$. Furthermore, the pore diameter of MgMo-LDH-LS was found to be 8.21 nm and the pore volume of MgMo-LDH-LS was calculated as $2.85 \times 10^{-3} \text{ cm}^3/\text{g}$.

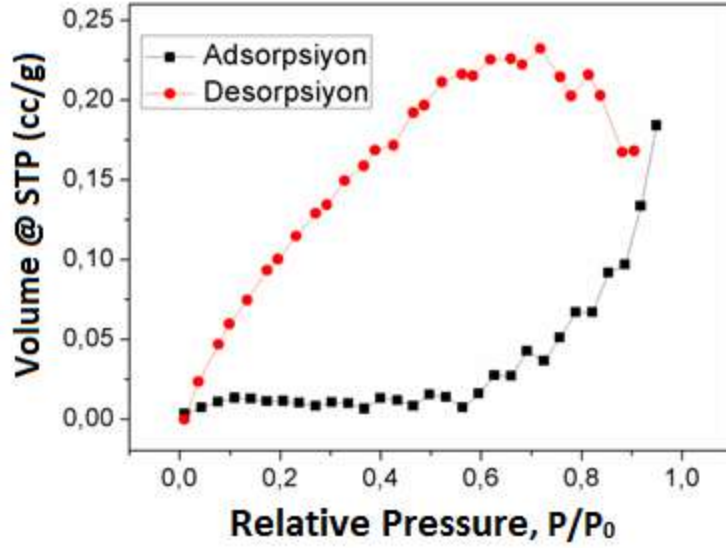


Figure 9. Nitrogen adsorption-desorption isotherms of MgMo-LDH-LS

Lubricant Absorption Studies

1 g jute fiber and 1 g MgMo-LDH-LS-Jute composite were used in lubricant absorption studies. The results showed that 1 g jute fiber absorbs 3 g lubricant while 1 g of MgMo-LDH-LS-Jute composite absorbs 4.68 g lubricant.

CONCLUSION

In this study, MgMo-LDH-LS and MgMo-LDH-LS-Jute composite materials were prepared via controlled precipitation and hydrothermal methods. MgMo-LDH-LS and MgMo-LDH-LS-Jute composite materials were characterized via FT-IR, XRD, SEM-EDS and BET techniques. According to remove oil from water studies, MgMo-LDH-LS-Jute composite absorbed oil more than jute fiber. Based on these results, it is predicted that MgMo-LDH-LS-Jute composite can be used for oil absorption in water and will be used in the filtration of oil waste of the factories.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by TÜBİTAK Under the Project number of 118Z008.

REFERENCES

- Clifford D, Subramonian, S, Sorg T.J** (1986). Watertreatment processes. III. Removing dissolved inorganic contaminants from water. *Environmental science & technology*, 20(11), 1072-1080.
- Crepaldi E.L, Pavan P.C, Tronto J, Valim J.B** (2002) Chemical, structural, and thermal properties of Zn (II)-Cr (III) layered double hydroxides intercalated with sulfated and sulfonated surfactants. *Journal of colloid and interface science*, 248(2), 429-442.
- Etkin D.S** (2000, June) Worldwide analysis of marine oil spill cleanup cost factors. In Arctic and marine oil spill program technical seminar, 1, 161-174.

- Feng L, Song Y, Zhai J, Liu B, Xu J, Jiang L, Zhu D** (2003) Creation of a superhydrophobic surface from an amphiphilic polymer. *Angewandte Chemie International Edition*, 42(7), 800-802.
- Trujillano R, González-García I, Morato A, Rives V** (2018) Controlling the Synthesis Conditions for Tuning the Properties of Hydrotalcite-Like Materials at the Nano Scale. *ChemEngineering*, 2(3), 3.
- Yuan J, Liu X, Akbulut O, Hu J, Suib S.L, Kong J, Stellacci F** (2008). Superwetting nanowire membranes for selective absorption. *Nature nanotechnology*, 3(6), 332.

2-THIOPHENYLTHIOUREA- MCM-41 COMPOSITE FOR DRUG DELIVERY SYSTEM

PhD. Student Derya KILIC*

Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Burdur, TURKEY

Prof. Fatih Mehmet EMEN

Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Burdur, TURKEY

Asst. Prof. Ruken Esra DEMIRDOGEN

Cankiri Karatekin University, Cankiri, TURKEY

PhD. Student Ali İhsan KARACOLAK

Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Burdur, TURKEY

MSc. Student Fatih DEMİR

Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Burdur, TURKEY

PhD. Student Mohammed Asım ALİ

Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Burdur, TURKEY

PhD. Student Emine KUTLU

Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Burdur, TURKEY

ABSTRACT

In this study, 2-thiophenylthiourea-MCM-41 composite (2-TF-MCM-41) was prepared and was characterized via FT-IR, XRD, SEM and BET techniques and it was used as a carrier system in drug delivery system. Ibuprofen was incorporated into the carrier as the model drug via supercritical fluid technology and release kinetics was investigated in PBA (Phosphate Buffered Saline).

Keywords: Drug release, mesoporous silicates, thiourea, functionalized MCM-41

INTRODUCTION

In controlled drug release studies drugs are delivered to the targeted tissue or organ in a controlled manner over a predetermined period of time and dose. Thereby rendering this method more beneficial and effective compared to similar therapy models. Over time the effect and degradation or elimination of the drug would get less. However, maintaining the ideal drug concentration over a period of time would increase the efficacy of the drug and the treatment. Moreover, continuous or prolonged use of medicines at high doses would cause local over saturation of the medicine in the body and thus would cause undesired side effects. Controlled drug release offers distinct advantages such as preventing degradation of drugs with short half life, preventing local over-dose and thus decreasing or minimizing or eliminating such side effects. Recently nanotechnology has provided new perspective in medicine and especially in drug delivery systems (DDS). Design and development of new smart systems at nanoscale has attracted much attention due to the distinct advantages that they provide. Many smart carrier systems such as graphene, carbon nanotubes, gold nanoparticles, silver nanoparticles and mesoporous silicates have been developed. Smart DDS

are important not only because they can deliver the drug to the targeted tissue but also they can treat the infected tissues without damaging the health tissues. Among these systems mesoporous silicates constitute an important class of carriers due their unique physico-chemical properties, high drug loading capacities, biocompatibility, facile functionalization. The M41S family -a mesoporous material with honeycomb structure- has attracted much attention with its high surface area and pore volume ($> 1000 \text{ m}^2/\text{g}$), tunable pore diameters of 2 to 10 nm (Al-Kady et. al., 2011). The presence of acidic hydroxide groups on their surfaces allows their facile functionalization with the organic groups (Mureseanu et. al., 2010; Sayari et.al., 1996; Chen et. al., 1993; Petrovic et. al., 1994). Thiourea derivatives are ligands bearing S and O endings. They can make stable water insoluble complexes with transition metals. Despite distinct advantages that MCM-41 -a member of the mesoporous silicate family- functionalized with thiourea derivatives can offer stil there is limited effort on their synthesis and use. They have been mostly used as sorbent material for removing heavy metals from aqueous media. However, to the best of our knowledge there is no work on the use of MCM-41 functionalized with thiourea derivatives as drug carrier system. In this study, In this study, 2-thophenylthiourea-MCM-41 composite (2-TF-MCM-41) was prepared and was characterized via FT-IR, XRD, SEM and BET techniques and it was used as a carrier system in drug delivery system. Ibuprofen was incorporated into the carrier as the model drug via supercritical fluid technology and release kinetics was investigated in PBA (Phosphate Buffered Saline).

EXPERIMENTAL

Materials and Methods

Synthesis of MCM-41

0.5 g hexadecyltrimethylammonium bromide (CTAB) was dissolved in 96 mL water. Into this mixture first 34 mL ethanol and then 10 mL NH_3 were added and upon adding 2 mL tetraethylorthosilicate (TEOS) at room temperature it was stirred for 3 h. Followingly it was put in oven at $550 \text{ }^\circ\text{C}$ for 10 h to remove the template.

Synthesis of MCM-41 functionalized with Amines (MCM-41-NH₂)

MCM-41-NH₂ was synthesized according to the conventional method. Briefly, 1 gram MCM-41 was mixed with solution of 3-aminopropyltriethoxysilane in 100 mL toluen under reflux for 24 h. After cooling to room temperature MCM-41-NH₂ was filtered and in order to remove excess modifier and possible hydrolysis products the precipitate was washed with toluen and 1-propanol a few times. Then MCM-41-NH₂ was dried in vacuum oven at $95\text{-}100^\circ\text{C}$ overnight. The synthesis scheme is presented in Figure 1.

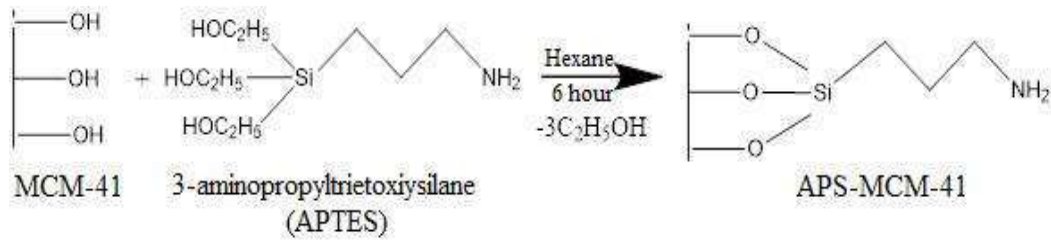


Figure 1. Synthesis of MCM-41 functionalized with amine

Synthesis of 2-Thiophenylisothiocyanide

0.05 moles 2-thiophenylchloride was dissolved in 50 mL acetone and 0.05 moles of potassium thiocyanide dissolved in 30 mL acetone were mixed. The reaction mixture was heated under reflux for 30 min. And then it was cooled to room temperature. The synthesis reaction of 2-Thiophenylisothiocyanide is given in Figure 2.

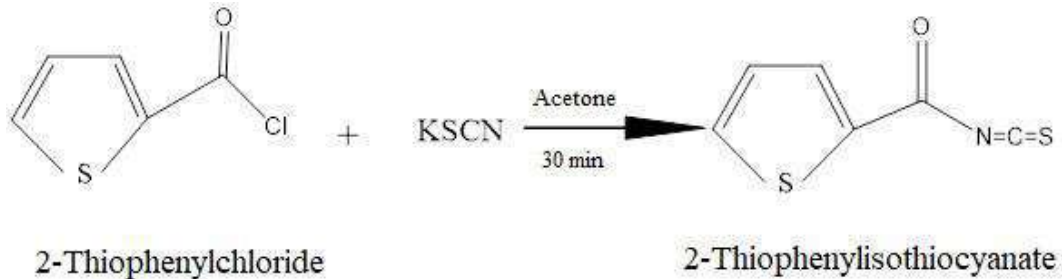


Figure 2. Synthesis of 2-Thiophenylisothiocyanide

Preparation of 2-Thiophenylthiourea-MCM-41 composite

MCM-41-NH₂ prepared previously was suspended in acetone and $9,4 \cdot 10^{-3}$ moles of 2-thiophenylcyanide prepared in acetone was added into the suspension and was mixed at room temperature for 2 h. The mixture was filtered and 2-Thiophenylthiourea-MCM-41 Composite (2-TF-MCM-41) was obtained. Then it was washed with acetone for a few times. And then it was dried. The reaction scheme of 2-TF-MCM-41 synthesis is given in Figure 3.

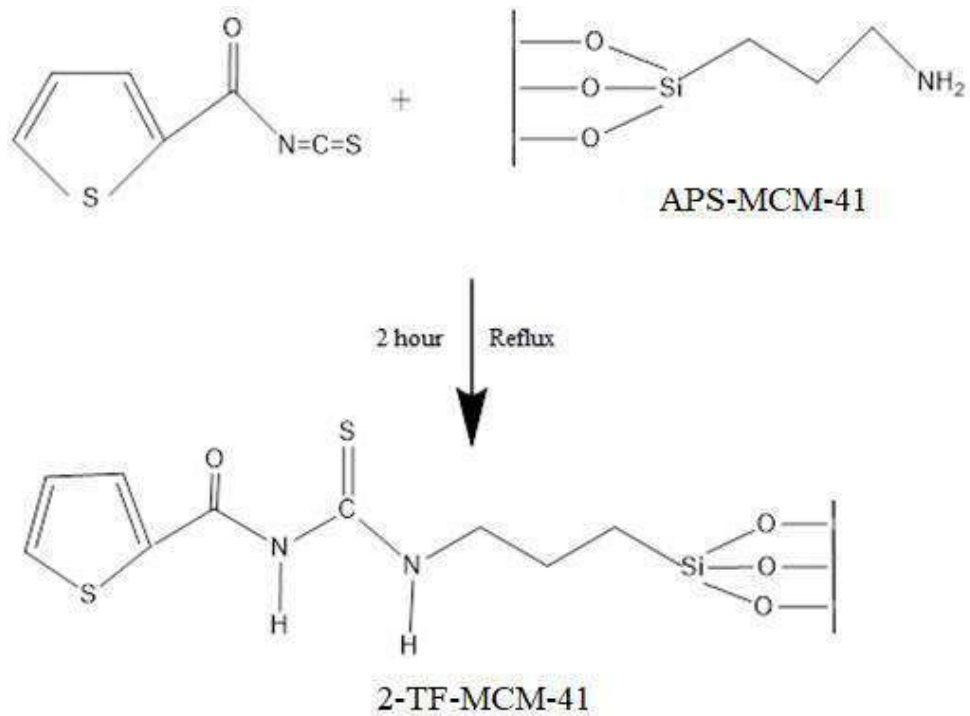


Figure 3. Synthesis of 2-TF-MCM-41

Drug Loading Studies

Drug loading studies were carried out with supercritical carbon dioxide (scCO_2). 0.7 g of 2-TF-MCM-41 and 0.6 g ibuprofen were dissolved in 3 mL of ethanol and they were placed in the vessel and were reacted with scCO_2 at 200 bar, 40 °C for 90 minutes. Then the vessel was allowed to cool to room temperature and the gas was released from the reactor from the valve on the vessel. Thus, the drug loaded microstructures were obtained.

In vitro Drug Releasing Studies

In vitro drug release study was carried out at 37 °C with Ibuprofen loaded 2-TF-MCM-41 composites in phosphate buffered saline (PBS) with molar composition $\text{Na}^+/\text{K}^+/\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}/\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^-/\text{HPO}_4^{2-}/\text{SO}_4^{2-}$ (pH = 7.4) at ratio of 142.0/5.0/2.5/1.5/147.8/4.2/1.0/0.5. 3.5 mL. For each 3.5 mL volume of aliquot removed from the medium 3.5 mL PBS was added. The release profile of drug from the microparticles was monitored via UV-Vis spectrophotometric analysis at 273 nm.

RESULTS AND DISCUSSION

Structural Characterization Studies

FT-IR studies

The FT-IR spectra of the thus prepared mesoporous structures were taken in the 4000 cm^{-1} - 400 cm^{-1} range upon preparing their KBr pellets aralığında alındı. The FT-IR spectra of Ibuprofen, 2-TF-MCM-41 and 2-TF-MCM-41-Ibu are given in Figure 4. The broad band observed in FT-IR spectra of MCM-41 -a mesoporous SiO_2 structure- at 3400 cm^{-1} belongs to O-H stretching vibrations and hydrogen bonds. The peak observed at 1100 cm^{-1} is due to Si-O vibrations. In the FT-IR spectra of 2-TF-MCM-41 composite the peaks observed at 3000 cm^{-1} were due to the vibrations of the aromatic rings, the peaks in the range 2900 - 2800 cm^{-1} were due to aliphatic C-H vibrations and at the same time the peaks observed around 1700 cm^{-1} indicated the stretching vibrations of the carbonyl groups. Therefore, the FT-IR spectra revealed that the structure was formed.

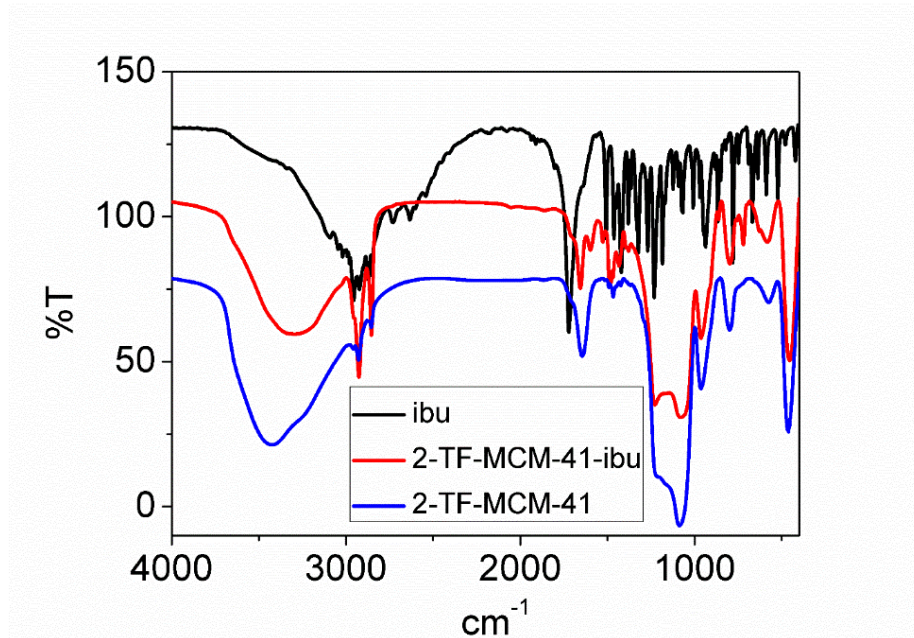


Figure 4. FT-IR spectrum of Ibuprofen, 2-TF-MCM-41 and 2-TF-MCM-41-Ibu

XRD studies

Low angle XRD and XRD powder diffraction pattern of MCM-41 are presented in Figure 5. The reflections (1 0 0) and (1 1 0) observed at 2.5° in the low angle XRD powder pattern indicate the regular mesoporous MCM-41 structure. In the XRD pattern, the 15 - 25° broad peak belongs to the amorphous SiO_2 structure.

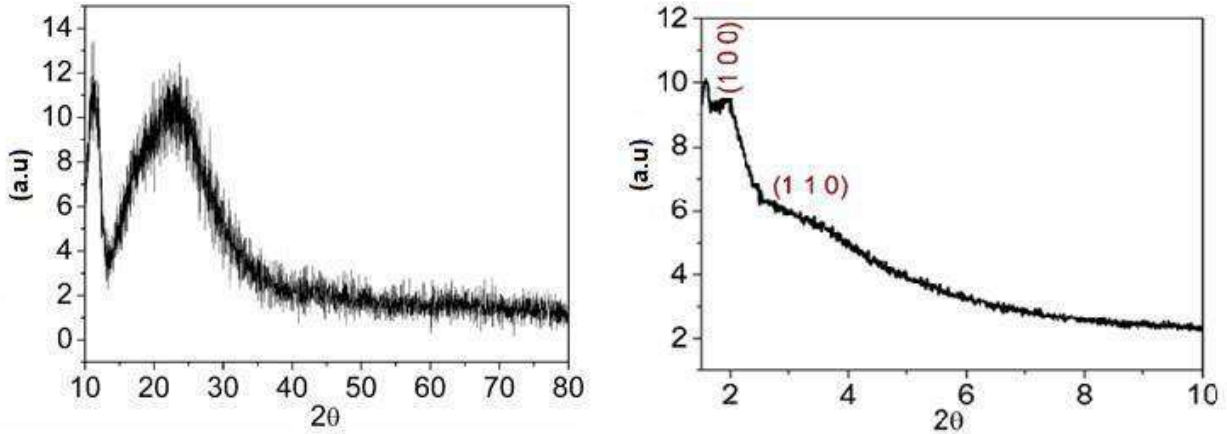


Figure 5. XRD powder and low angle XRD patterns of 2-TF-MCM-41

Surface Morphology Studies (SEM)

The surface morphology of the prepared mesoporous 2-TF-MCM-41 was investigated via FE-SEM. The SEM micrographs are presented in Figures 6. The SEM images of the sample revealed that the spheres were irregular. The cracks on the spheres were formed on the spheres when gas was evolved during heating. The SEM images of 2-TF-MCM-41 revealed that the average diameter was 165 nm.

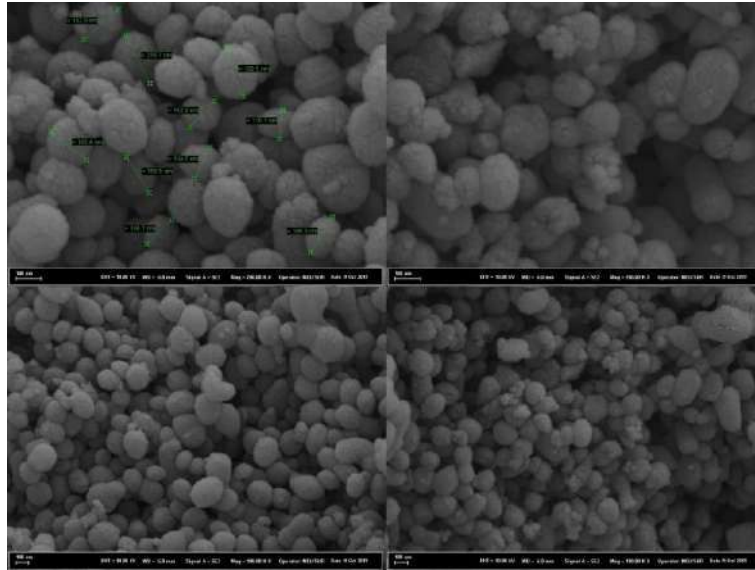


Figure 6. SEM micrographs of 2-TF-MCM-41

Nitrogen Adsorption/Desorption Studies (BET, BJH)

Nitrogen adsorption/desorption curves of 2-TF-MCM-41 are given in Figure 7. According to the N₂ adsorption-desorption results of 2-TF-MCM-41 fit Type IV isotherm of IUPAC. Although the majority of structure is mesoporous there are also micro pores. The average pore diameter of 2-TF-MCM-41 was determined to be 10.52 nm.

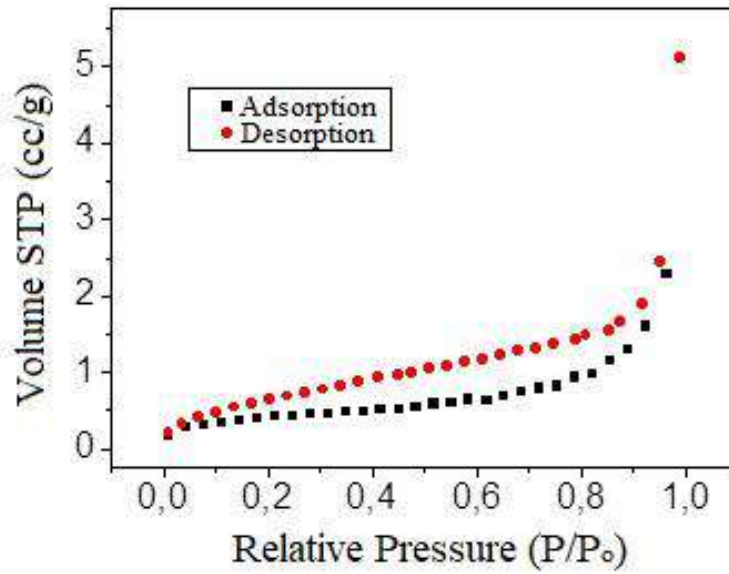


Figure 7. Nitrogen adsorption-desorption isotherms of 2-TF-MCM-41

***In vitro* Ibuprofen Releasing Studies**

Drug release profiles were determined from the plot of cumulative percentages of drug release against time. The release behavior of ibuprofen from 2-TF-MCM-41-Ibu was investigated in the PBS solution at pH = 7.4 and at 37 °C for 48 hours as shown in Figure 8. In the first 6 hours, Ibuprofen is released on the surface absorbed and clinging to weak interactions. After than, slow release of ibuprofen attached to the pores was observed. Ibuprofen interacts with hydrogen in the pores with silanol (Si-OH) groups. Wave swing is observed in the drug release profiles. This behavior is attributed to non-uniform distribution of drug molecules in the layered matrices well besides diffusibility, number and thickness of layers.

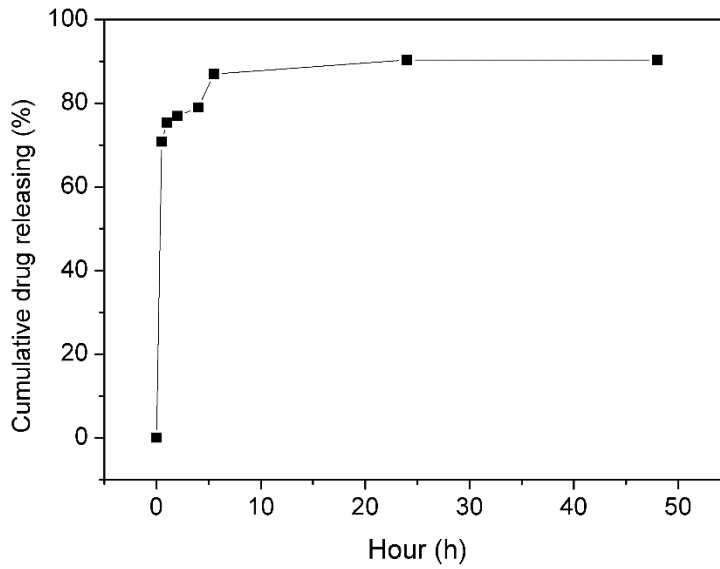


Figure 8. Cumulative drug release (%) curves

CONCLUSION

In this study 2-thiophenylisothiourea-MCM-41 (2-TF-MCM-41) composite was prepared and its structure was elucidated via FT-IR, XRD and SEM techniques. Pore volumes and diameters were calculated via nitrogen adsorption desorption technique (BET). The FT-IR spectra of the thus prepared mesoporous structures were obtained by preparing KBr pellets in the range 4000 cm^{-1} - 400 cm^{-1} . The broad band observed at 3400 cm^{-1} in the FT-IR spectrum of MCM-41 –a mesoporous SiO_2 structure- indicated the O-H stretching vibrations and the water molecules absorbed in between the layers. The peak at 1100 cm^{-1} indicates Si-O vibrations. The doublet observed at about 2900 cm^{-1} in the FT-IR spectrum of MCM-41- NH_2 indicates the aliphatic –C-H vibrations. The peak observed at 3000 cm^{-1} in the FT-IR spectrum of 2-TF-MCM-41 composite indicates the vibrations in the aromatic ring. The peaks observed at 2933 cm^{-1} and 2812 cm^{-1} indicate the symmetrical and asymmetrical aliphatic C-H stretching modes. The peak at 1630 cm^{-1} indicates C=C stretching vibrations. The peaks observed in the range $1700 - 1630\text{ cm}^{-1}$ indicate C=O stretching vibrations. The reflections at (100) and (110) in the XRD powder pattern of MCM-41 indicate the mesoporous SiO_2 structure. The broad band observed at $2\theta = 20^\circ$ in the low angle XRD belongs to amorphous SiO_2 . The average particle diameter 2-TF-MCM-41 was found to be 165 nm in the SEM micrographs. Ibuprofen was loaded into the mesoporous structure as model drug and drug release studies were performed.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by Burdur Mehmet Akif Ersoy University coordinator of scientific research projects under project number of 0434-YL-17.

REFERENCES

- Al-Kady AS, Gaber M, Hussein M M, Ebeid EZ** (2011) Nanostructure-loaded mesoporous silica for controlled release of coumarin derivatives: A novel testing of the hyperthermia effect, *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 77:66-74.
- Mureseanu M, Reiss A, Cioatera N, Trandafir I, Hulea V** (2010) Mesoporous silica functionalized with 1-furoyl thiourea urea for Hg(II) adsorption from aqueous media, *Journal of Hazardous Materials*, 182:197-203.
- Sayari A** (1996) Catalysis by Crystalline Mesoporous Molecular Sieves, *Chemistry of Materials*. 8:1840-1852.
- Chen CY, Li HX, Davis ME** (1993) Studies on mesoporous materials: I. Synthesis and characterization of MCM- 41, *Microporous Materials*, 2:17-26.
- Petrovic I, Navrotsky A,, Chen CY,, Davis ME** (1994) High Temperature Calorimetry of MCM-41, *Studies in Surface Science and Catalysis*, 84:677-688.
- Wang L, Ma H, Song L, Li L, Wang Y, Wang H** (2014) Transfer hydrogenation of acetophenone in an organic-aqueous biphasic system containing double long-chain surfactants, *RSC Advances*, 4:1567-1569.

ORGANİK KİMYADA BIGİNELLİ TİPİ MULTİKOMPONENT REAKSİYONLAR VE ÖNEMİ

Doç. Dr. Mustafa Kemal Gümüş

Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin, 08000, Türkiye

ÖZET

Heterohalkalı bileşikler kimyası içerisinde Biginelli multikomponent reaksiyonu hem çok eski ve aynı zamanda güncel bir araştırma konusudur. 1893 yılında İtalyan kimyacı Biginelli tarafından gerçekleştirilen bu reaksiyon ile 1,3-diketoesterler asit katalizörlüğünde aromatik aldehitler ve üre ile siklokondenzasyon reaksiyonuna uğratarak dihidropirimidinon'lar (DHPM) elde edilmiştir.

DHPM yapısındaki Biginelli bileşiklerini analogları 1930 lardan itibaren günümüze kadar farklı biyolojik aktiviteleri ile dikkat çekmişlerdir.

Klasik başlangıç bileşiklerinin yerine bir veya daha fazla, belirli farklılıkları olan ancak benzer reaktif bölgeye sahip başlangıç reaktifleri ile modifiye Biginelli reaksiyonları geliştirilmiştir.

Hedeflenen çalışmada ılıman reaksiyon şartlarında başlangıç maddesi olarak salisilaldehit türevleri, 3-amino-1,2,4-triazol ve 1,3-dikarbonil bileşiği olarak etil 2-metilasetoasetat ile regio- ve stereoseçici modifiye Biginelli reaksiyonları üzerinde odaklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Multikomponent reaksiyonlar, Biginelli reaksiyonu, Multikomponent, Didihroprimidinon (DHPM), Regio- ve stereoseçici reaksiyonlar, Salisiladehit

ABSTRACT

The Biginelli multicomponent reaction is both a very old and a timely research topic in the chemistry of heterocyclic compounds. In this reaction carried out by Italian chemist Biginelli in 1893, 1,3-diketoesters were reacted with acid-catalyzed aromatic aldehydes and urea as a cyclocondensation reaction to obtain dihydropyrimidinones (DHPM).

The analogs of Biginelli compounds in the DHPM structures have been noted for their different biological activities from the 1930s to the present.

Modified Biginelli reactions have been developed with the starting reagents having one or more specific differences but with similar reactive sites instead of the classical starting compounds.

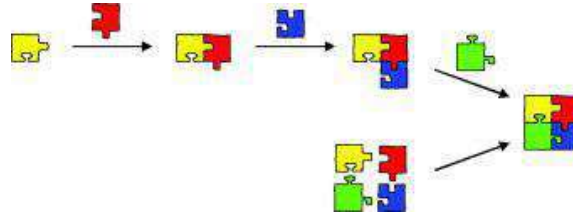
The first part of the targeted study focused on the regio- and stereoselective modified Biginelli reactions under mild reaction conditions with salicylaldehyde derivatives, 3-amino-1,2,4-triazole derivatives and ethyl 2-methylacetoacetate as the 1,3-dicarbonyl compound.

Keywords: Multicomponent reactions, Biginelli reaction, Multicomponent, Didihropyridimidine (DHPM), Regio- and stereoselective reactions, Salicylaldehyde

GİRİŞ

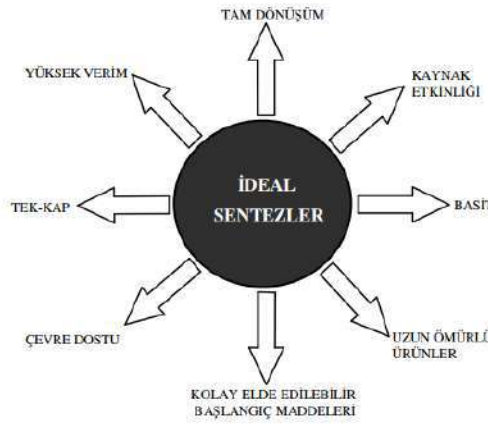
Multikomponent reaksiyonlar, üç ya da daha fazla sayıda başlangıç maddesinin tek bir reaksiyon kabı içerisinde tüm başlangıç maddelerinin kısımlarını içeren hedef ürününü oluşturmak üzere vermiş oldukları reaksiyonlara verilen addır. Multikomponent reaksiyonlar İngilizce söyleniş şekli olan multicomponent reactions göz önüne alınarak "MCRs" kısaltması ile gösterilmektedir (Zhu ve Bienaymé, 2005).

Organik reaksiyonların çoğu bir ya da iki başlangıç maddesinin birbirleri ile reaksiyonlarını içeren klasik organik reaksiyonlar iken, ikiden daha fazla sayıda başlangıç maddesinin kullanıldığı reaksiyonlar "multikomponent reaksiyonlar" (şekil 1) olarak nitelendirilir (Strübing vd., 2005; Weber vd., 1999).



Şekil 1. Klasik reaksiyonlara karşı multikomponent reaksiyonların basit gösterimi (Strübing vd., 2005)

Ayrıca sentez yöntemlerinin kalitesi; basamak sayısı, toplam verim, seçicilik, maliyet, araştırma ihtiyaçları, gelişme zamanı, uygulama zamanı, çevre dostu olması gibi pek çok parametrenin ölçülmesi ile belirlenebilmektedir (şekil 2). Bu açıdan bakıldığında multikomponent reaksiyonlar ideal bir sentez yöntemi açısından kabul görmektedir (Chen vd., 2016; Wender vd., 1997).

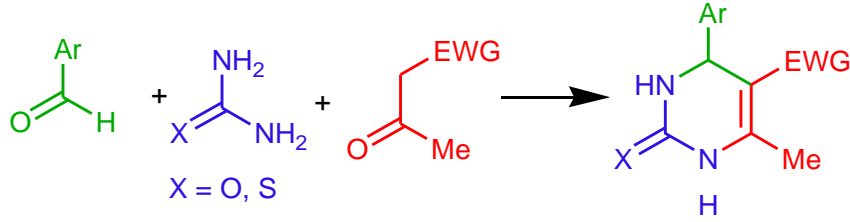


Şekil 2. İdeal sentez yöntemlerinin başlıca özellikleri (Wender vd., 1997).

MATERYAL ve YÖNTEM

Biginelli çok-bileşenli siklokondenzasyonu, multikomponent reaksiyonlar arasında hem en eskilerden biri ve aynı zamanda hala güncelliğini koruyan bir araştırma konudur. Substitue dihidropirimidinon türü bileşiklerin sentezleri 1893 yılında Biginelli tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu reaksiyonda β -ketoesterler asit katalizörlüğünde aromatik aldehytler ve üre ile siklokondenzasyon reaksiyonuna uğratarak dihidropirimidinon'lar elde edilmiştir (şekil 3).

Klasik Biginelli reaksiyonu yani bir aldehit, üre veya tiyoüre ve bir açık zincir β-dikarbonil bileşiğinden, 3,4-dihidropirimidin-2(1H)on (DHPM) oluşturulması çok sayıda araştırmacı tarafından incelenmiştir (Biginelli, 1893; Kappe, 1993, 1997, 2000a, 2000b; Kolosov vd., 2009; Ma vd., 2008;)

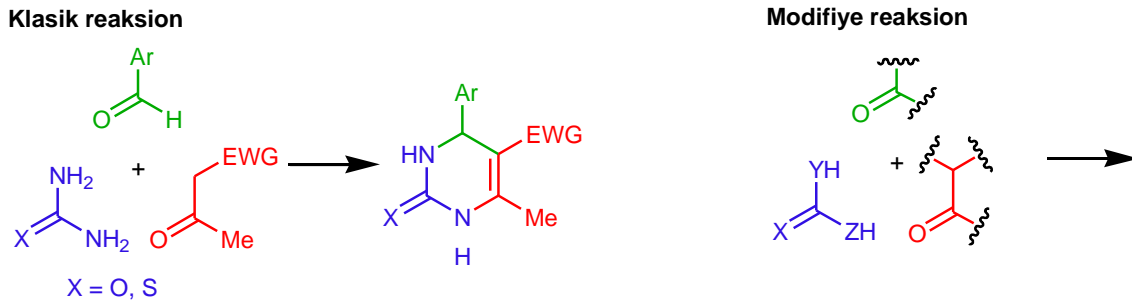


Şekil 3. Biginelli bileşiklerinin (DHPM) genel elde reaksiyonu

Dihidropirimidin-2-on ve 2-tiyon yapısındaki Biginelli bileşikleri analogları günümüze kadar farklı biyolojik aktiviteleri ile dikkat çekmişlerdir. 1930'ların başında etil 4-(2-klorofenil)-2-tiyokso-1,2,3,4-tetrahidropirimidin-5-karboksilat yapısındaki türevler, yünü güvelere karşı koruyan bileşikler olarak patent altına alınmışlardır (Hentrich and Schepss, 1930). 1960'lı yıllarda metil 6-metil-4-(5-nitrofuran-2-il)-2-okso-1,2,3,4-tetrahidropirimidin-5-karboksilat (nitractin diye adlandırılmaktadır), trachoma grubu virüslere mükemmel etkiye sahip olduğu gözlenmiştir (Hurst ve Hull, 1960). İlk defa 1978 yılında Khanina vd., (1978) β-aminoetil ester türevi Biginelli bileşiklerinde kardiyovasküler etki gözlemişlerdir. Bu çalışmadan sonra bu grup bileşiklerin kardiyovasküler etkileri ile ilgili yayın ve patent sayısı hızla artmıştır.

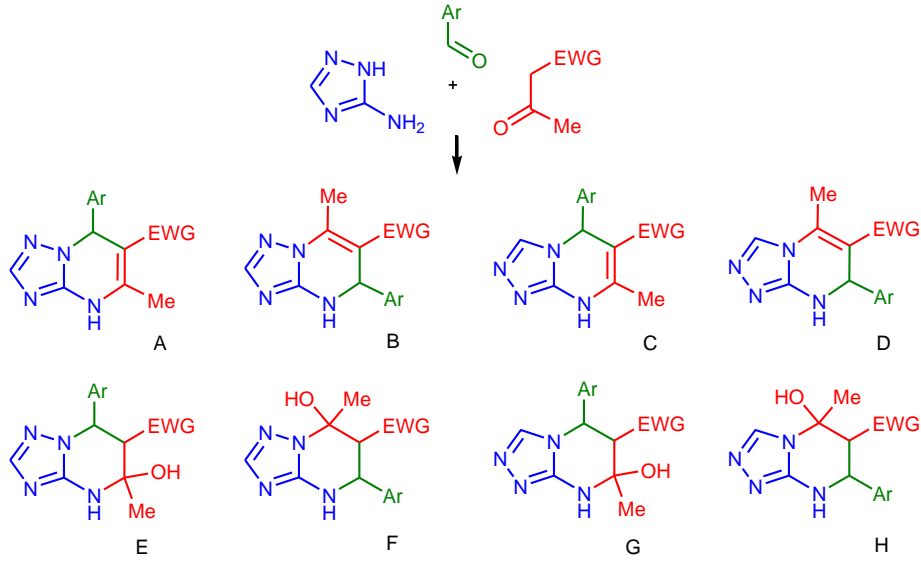
Daha yakın tarihlere gelecek olursak, Biginelli bileşikleri olan DHPM'lerin biyolojik özellikleri, antikanser, kalsiyum kanal inhibitörleri, antiinflamatuvar, antimikrobiyal ve antioksidan ajanlar olarak etkileri de Fátima vd. tarafından bir derlemede toplanmıştır (de Fátima vd., 2015).

Klasik başlangıç bileşiklerinin yerine bir veya daha fazla, belirli farklılıkları olan ancak benzer reaktif bölgeye sahip başlangıç reaktifleri ile modifiye Biginelli multikomponent reaksiyonları (şekil 4) geliştirilmiştir (Abelman vd., 2003; Gorobets vd., 2010; Jing vd., 2009; Wan ve Liu, 2010).



Şekil 4. Klasik ve Modifiye Biginelli Reaksiyonları

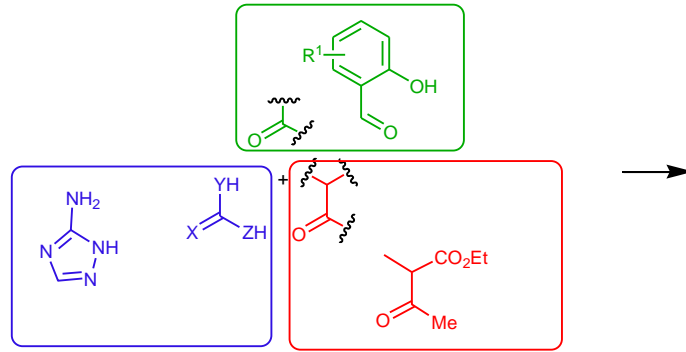
Modifiye Biginelli reaksiyonlarında üre yerine 3-amino-1,2,4-triazol kullanıldığında, MCRs'un adım-adım karakterinin kendisi ve 1,3-binükleofil olarak eşdeğer olmayan tepkime merkezlerine sahip olan 3-amino-1,2,4-triazol, başlangıç ürünleri ile en az sekiz olası A-H formda ürüne yol açabilir (şekil 5) (Sedash vd., 2012).



Şekil 5. Sekiz olası A-H form (Sedash vd., 2012)

TARTIŞMA ve BULGULAR

Bu çalışmada başlangıç maddesi olarak aromatik aldehit yerine salisilaldehit türevleri, üre yerine 3-amino-1,2,4-triazol türevleri ve 1,3-dikarbonil bileşiği yerine etil 2-metilasetoasetat'un kullanıldığı modifiye Biginelli reaksiyonları üzerinde odaklanılmıştır (şekil 6).



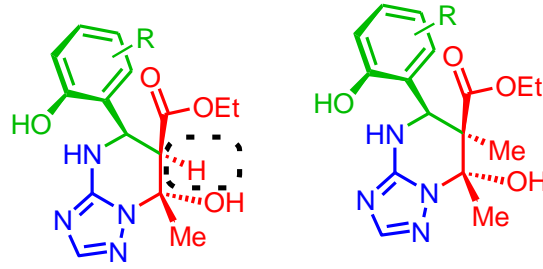
Şekil 6. Salisilaldehit türevleri ile modifiye Biginelli reaksiyonları

Bu çalışmada amaç modifiye biginelli reaksiyonları üzerine şu ana kadar yapılan çalışmalarını daha da genişletmektir. Şu ana kadar ki çalışmalardan çıkan sonuçlar şunlardır:

Modifiye Biginelli reaksiyonlarında eğer aldehit salisilik aldehit türevleri ise ılıman şartlarda F-formunda regio- ve stereosellektif Biginelli ürünleri elde edilmektedir, sert şartlarda ise F-formlu köprülü ürün elde edilmektedir.

ılıman şartlar 1,3-dikarbonil bileşiği olarak şu ana kadar aseton, etil asetoasetat ve asetil bütürolakton bileşiklerine uygulanmıştır. Aseton ile ilgili üç çalışma Gorobets vd. tarafından yayınlanmıştır ve reaksiyon limitleri belirlenmiştir. Asetil bütürolakton'dan elde edilen spiro yapıları ile ilgili Gorobets'in çalışmasından sonra Gümüş vd. tarafından açıklanmıştır. Etil asetoasetat, ile ilgili Gorobets sadece bir ürün elde etmiştir, ancak bu ürününde DMSO-*d*₆ da diğer izomeri ile denge durumuna geldiği belirlenmiştir (Gorobets vd., 2010). Etil asetoasetat yerine, etil 2-metilasetoasetat kullanarak bu dönüşüm (şekil 7 de solda çizilen

bileşikteki hidrojen atomundan dolayı olan dönüşüm) engellenecek ve reaksiyon limitleri belirlenerek **hedef bileşik grubu** elde edilecektir.



Şekil 7. Hedef bileşik grubu (sağdaki hedef ürün)

SONUÇ VE ÖNERİLER

İlman şartlarda literatür taramaları sonucu ele edilen bilgiler şunlar idi: Modifiye Biginelli reaksiyonlarında eğer aldehit salisilik aldehit türevleri, üre 2-aminotriazol türevleri ve 1,3-dikarbonil bileşiği aseton, etil asetoasetat ve asetil bütirolakton ise F-formunda regio- ve stereo seçici Biginelli ürünleri elde edilmektedir.

Bu bilgiden hareketle hedefler kısmında bahsedilen **hedef bileşik grubunun** eldesi için etil 2-metilasetoasetat ile ılıman reaksiyon şartlarında bazı denemeler yapılmıştır (tablo 1).

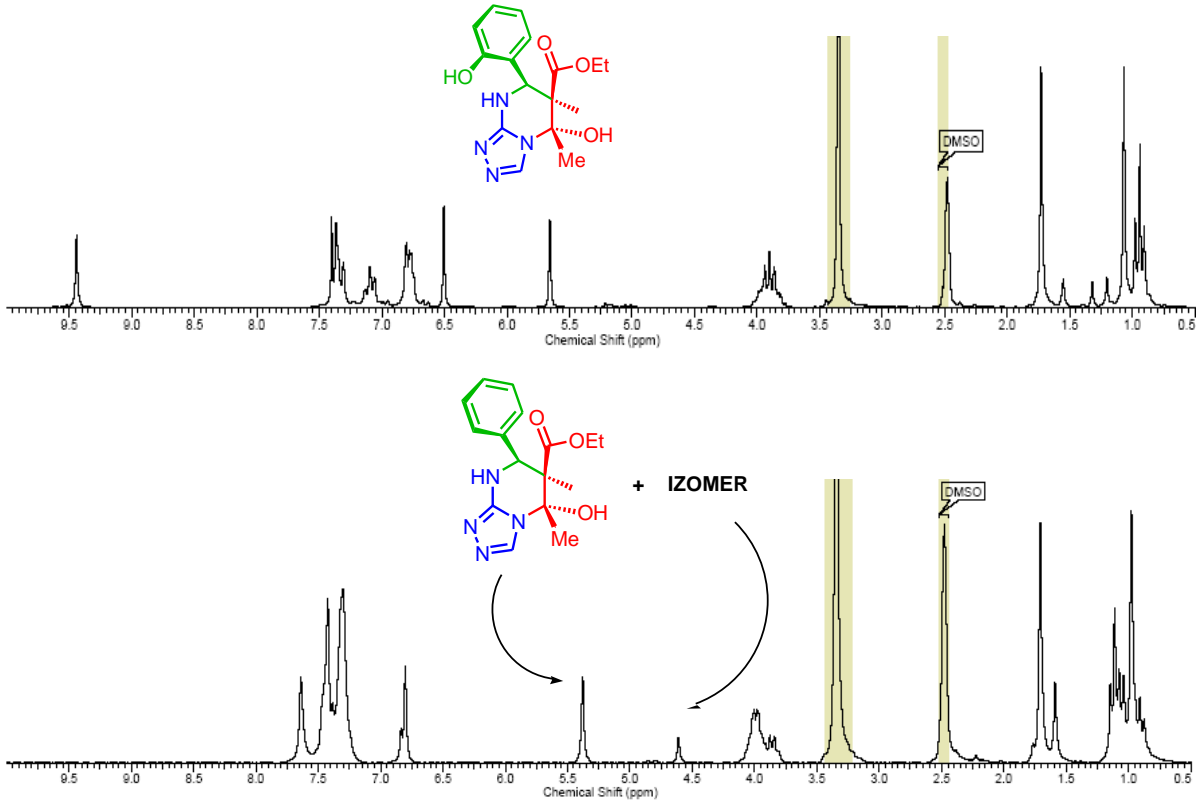
Denemelerde referans olarak Gümüş vd., (2017) reaksiyon şartları yani asit katalizörü olmadan çözücünün su olduğu oda şartlarındaki reaksiyon denenmiştir (tablo 1).

Tablo1. Deneme 1-2

Deneme 1	Deneme 2
% 62	% 67
Tek ürün	İki ürün

Salisilaldehit ile olan denemelerde tek ürün elde edildiği ¹H-NMR spektrumları incelendiğinde açıkça (4-6 ppm civarı DHPM halkasına ait olan tek bir CH protonu sinyali) görülmektedir. Ancak aldehit olarak salisiladehit yerine orto konumda süstitüent taşımayan benzaldehit kullanıldığında regio- ve stereo-seçiciliğin kaybolması literatürde rapor edildiği gibi (Gümüş vd. 2017) bu ön denemelerde de gözlenmiştir. Benzaldehit ve türevleri kullanıldığında izole edilen ürünlerin ¹H NMR spektrumları, muhtemelen farklı izomerik ürünlere ait olan, 2 set sinyal (benzaldehit kullanılan deneme 2 de 5.4 ve 4.6 ppm civarı DHPM halkasına ait olan iki farklı CH protonu sinyalinde görüldüğü gibi) sergilemiştir.

Denemelerde elde edilen ürünlerin ¹H-NMR verileri aşağıda verilmiştir (şekil 8).



Şekil 8. Denemelerde elde edilen hedef ürünlerin ^1H NMR verileri

Buna göre regio- ve stereo-seçiciliğin korunması, yani tek ürünün oluşabilmesi için orto-konumda süstitüent taşıyan salisilaldehit türevleri kullanılmalıdır. Ayrıca reaksiyon limitleri belirlenmeli ve çalışma genişletilerek ve uluslararası indekslerde taranan dergilerde yayınlamalıdır.

REFERANSLAR:

- Abelman, M. M., Smith, S. C., and James, D. R. 2003. "Cyclic ketones and substituted alpha-keto acids as alternative substrates for novel Biginelli-like scaffold syntheses", *Tetrahedron Letters*, 44(24), 4559-4562.
- Biginelli, P. 1893. "Aldehyde-urea derivatives of aceto-and oxaloacetic acids", *Gazz. Chim. Ital*, 23(1), 360-413.
- Chen, L. H., Chung, T. W., Narhe, B. D., and Sun, C. M. 2016. *ACS combinatorial science*, 18(3), 162-169.
- de Fatima, A., Braga, T. C., Neto, L. D. S., Terra, B. S., Oliveira, B. G., da Silva, D. L., and Modolo, L. V. 2015. "A mini-review on Biginelli adducts with notable pharmacological properties" *Journal of advanced research*, 6(3), 363-373.
- Gorobets, N. Y., Sedash, Y. V., Ostras, K. S., Zaremba, O. V., Shishkina, S. V., Baumer, V. N., Van der Eycken, E. V. 2010. "Unexpected alternative direction of a Biginelli-like multicomponent reaction with 3-amino-1,2,4-triazole as the urea component" *Tetrahedron Letters*, 51(16), 2095-2098.
- Gümüş, M. K., Gorobets, N. Y., Sedash, Y. V., Shishkina, S. V., and Desenko, S. M. 2017b. "Rapid formation of chemical complexity via a modified Biginelli reaction leading to dihydrofuran-2(3H)-one spiro-derivatives of triazolo[1,5-a]pyrimidine", *Tetrahedron letters*, 58(35), 3446-3448.
- Jing, X., Li, Z., Pan, X., Wang, Q., Yan, C., and Zhu, H. 2009. "PdO-Catalyzed Synthesis of

- Tricyclic Compounds Using Biginelli-Like Reaction” *Synthetic Communications*, 39(21), 3796-3803.
- Hentrich, W. and Schepss, W. 1930, (FarbenIndustrie, I.G.) D. R. P. 1930, 547,057 [Fortsch. Teerfarbenfabr. Verw. Industriezweige; Friedlander, E., Ed; 1932; Vol. 25, p 2590.]
- Hurst, E. W., and Hull, R. 1960. “Two new synthetic substances active against viruses of the psittacosis-lymphogranuloma-trachoma group”, *Journal of Medicinal Chemistry*, 3(2), 215-229.
- Kappe, C. O. 1993. “100 Years Of The Biginelli Dihydropyrimidine Synthesis”, *Tetrahedron*, 49(32), 6937-6963.
- Kappe, C. O. 1997. “A reexamination of the mechanism of the Biginelli dihydropyrimidine synthesis. Support for an N-acyliminium ion intermediate”, *Journal of Organic Chemistry*, 62(21), 7201-7204.
- Kappe, C. O. 2000. “Biologically active dihydropyrimidones of the Biginelli-type a literature survey”, *European Journal of Medicinal Chemistry*, 35(12), 1043-1052.
- Kappe, C. O. 2000. “Recent advances in the Biginelli dihydropyrimidine synthesis. New tricks from an old dog” *Accounts of Chemical Research*, 33(12), 879-888.
- Kappe, C. O., and Falsone, S. F. 1998. “Polyphosphate ester-mediated synthesis of dihydropyrimidines. Improved conditions for the Biginelli reaction”, *Synlett* (7), 718-720.
- Khanina E. L., Siliniece C., Ozols J., Duburs G., Kimenis A. 1978. "Synthesis and Pharmacological Studies of Some 1,2,3,4-Tetrahydropyrimidine-5-carboxylic Acid Derivatives", *Khim. Farm. Zh.* 12, 72-74. [C.A. 90, 80856e, 1979].
- Kolosov, M. A., Orlov, V. D., Beloborodov, D. A., and Dotsenko, V. V. 2009. “A chemical placebo: NaCl as an effective, cheapest, non-acidic and greener catalyst for Biginelli-type 3,4-dihydropyrimidin-2(1H)-ones (-thiones) synthesis” *Molecular Diversity*, 13(1), 5-25.
- Ma, J. G., Zhang, J. M., Jiang, H. H., Ma, W. Y., and Zhou, J. H. 2008. “DFT study on mechanism of the classical Biginelli reaction”, *Chinese Chemical Letters*, 19(3), 375-378
- Strübing, D., Neumann, H., Klaus, S., Hübner, S., and Beller, M. 2005. *Tetrahedron*, 61(48), 11333-11344.
- Sedash, Y. V., Gorobets, N. Y., Chebanov, V. A., Konovalova, I. S., Shishkin, O. V., and Desenko, S. M. 2012. “Dotting the i's in three-component Biginelli-like condensations using 3-amino-1,2,4-triazole as a 1,3-binucleophile”, *RSC Advances*, 2(17), 6719-6728.
- Wan, J. P., and Liu, Y. 2010. “Synthesis of Dihydropyrimidinones and Thiones by Multicomponent Reactions: Strategies Beyond the Classical Biginelli Reaction”, *Synthesis-Stuttgart* (23), 3943-3953.
- Weber, L., Illgen, K., and Almstetter, M. 1999. *Synlett*, 3, 366-374.
- Wender, P., Handy, S., and Wright, D. 1997. *Chemistry and Industry*(19), 765.
- Zhu J. and Bienayme, H. 2005 ed., *Multicomponent Reactions*, WILEYVCH Verlag GmbH ve Co. KGaA, Weinheim.

*Teşekkür: AÇÜBAP Proje No: 2018.F34.02.03

GEOMETRİK OLARAK GÜÇLENDİRİLMİŞ METAL-PLASTİK KOMPOZİT TAŞIT MODELİNİN STATİK BURKULMA ANALİZİ

Doç.Dr.Ezgi GÜNAY

Gazi Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, ezgi-gunay@gazi.edu.tr

ÖZET

St42 çelik, plastik kevlar 49, alüminyum 6061-T6 ve Mooney-Rivlin hiperelastik malzemelerin bir arada kullanılması ile oluşturulan, değişken kesitli, iki tekerlekli taşıt modeli sayısal olarak oluşturularak yanal yönde yayılı yük ve aksel bası yükleri altında burkulmaya zorlanmıştır. Modellenen taşıtın alt birim elemanları, ikişer adet jant ve jant üstü kapaklar, tekerlekler ve iki parçalı ana gövde olarak özetlenebilir. Sayısal modelleme ve çözümlenmeleri ANSYS© kodu ile yapılmıştır. Yapılan çalışma iki ana başlık altında özetlenebilir. Oluşturulan prototip taşıtın geometrik yapısı sabit tutularak yalnızca yapı içerisindeki malzeme dağılımları değiştirilmiş ve burkulmaya zorlanmıştır. Ayrıca, üç farklı yer değiştirme sınır şartı uygulanmıştır. Birinci durumda, aracın plastik malzemedan yapılmış iki tekerleğine de zeminden gelen her yönden kaymayı engelleyen yer değiştirme sınır şartı uygulandı, ikinci durumda bir tekerleği sabitken diğer tekerleğine yerden gelen itme kuvvetini temsilen yalnızca dik yönde yer değiştirme sınırlaması uygulandı. Üçüncü durumda, taşıtın bir tekerleğini sabitlerken diğer tekerleğine tamamiyle hareket serbestliği verildi ve sistemin genel burkulma davranışı incelendi. Belirtilen bu üç durumda, cismin burkulmasına ait kritik burkulma yükleri (özdeğerler) ve bunlara karşılık gelen burkulma şekilleri (öz vektörler) hesaplanmıştır. Tekerleklerin ilk olarak tanımlanan plastik malzemesi, plastik Kevlar 49' du. Daha sonraki aşamada ise, bu malzeme, değiştirilerek yerine Mooney-Rivlin hiperelastik malzeme kullanılmıştır. Bunun sonucunda, burkulma mod şekillerinin iki ana cisim üzerinden kayarak, tekerlekler üzerinde kritik gerilme ve gerinim dağılımları şeklinde yoğunlaşarak oluştuğu belirlendi. Burkulma analizlerinin yanısıra, maksimum gerilme ve gerinim dağılımları von Mises kırılma kriteri'ne göre belirlenerek listelenmiştir. Tekerleklerin yere değdiği yatay düzlem üzerinden taşıta uygulanan yer değiştirme sınır şartları değiştirildiğinde, burkulma mod şekillerinin yerleri de değişmektedir. Bunun sonucunda, tekerleklerden birinin serbestlik derecesi arttırıldığında, burkulma yükü yer değiştirerek, yer değişimi kısıtlanmayan diğer plastik teker üzerinde yoğunlaştığı gözlemlenmiştir. Sonuçlar makalede detaylarıyla açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Statik, Burkulma, Sonlu Elemanlar Yöntemi, Kritik Yük, Gerilme, Gerinme, von Mises, Taşıt.

STATIC BUCKLING ANALYSIS OF A GEOMETRICALLY REINFORCED METAL-PLASTIC COMPOSITE VEHICLE MODEL

Assoc.Prof.Dr.Ezgi GÜNAY

Gazi University, Mechanical Engineering Department, ezgigunay@gazi.edu.tr

ABSTRACT

St42 steel, plastic kevlar 49, aluminum 6061-T6 and Mooney-Rivlin hyperelastic materials were used to form a numerical model of two-wheeled vehicle with variable-cross section and it was forced to buckle under lateral and axial compression loads. The sub-structures of the modeled vehicle were; two wheels, over-rim covers of the wheels, two castors and the main body consisting of two parts. Numerical modeling and analyses were performed with ANSYS® code. The study was carried out under two main topics. In the first step; the geometric structure of the prototype vehicle was kept constant and it was forced to buckle only by changing the material distributions within the structure. In the second step; three different boundary conditions were used. In the first case; the displacement boundary condition was applied by giving push from ground to both wheels of the plastic vehicle without sliding case, in the second case; one wheel was fixed while only the other wheel was subjected to the displacement limitation in the upright direction, representing the thrust from the ground. In the third case; while fixing one wheel of the vehicle, the other wheel was given full freedom of movement and the overall buckling behavior of the system was examined. In these three cases, critical buckling loads (eigenvalues) and corresponding buckling patterns (eigenvectors) of the body buckling were calculated. The first described wheel plastic material was plastic Kevlar 49. In the next step, this material was replaced by Mooney-Rivlin hyperelastic material. As a result, it was determined that buckling mode shapes were formed by sliding over the main body and concentrating on the wheels as critical stresses and strains. In addition to buckling analyzes, maximum stress and strain distributions were determined and listed according to the 'von Mises failure criterion'. When the displacement boundary conditions applied to the vehicle were changed over the horizontal plane where the wheels have touched the ground, the position of the buckling mode shapes also changed. As a result, when the degree of freedom of one of the wheels was increased, it was observed that the location of the buckling load was changed and it was concentrated on the other plastic wheel with no displacement restriction. The results were explained in detail.

Keywords: Statics, Buckling, Finite Element Method, Critical Load, Stress, Strain, von Mises, Vehicle

1.GİRİŞ

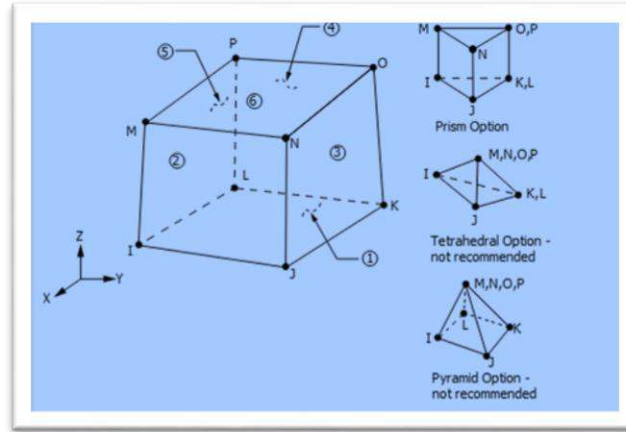
Burkulma analizleri mühendislik alanında, kiriş, kolon, plak ve kabuk yapısal elemanların normal yükleme veya kayma yüklemeleri altındaki özdeğer, özvektör hesaplamaları açısından geniş bir yer kaplamaktadır. Burkulma problemlerini global burkulma, lokal burkulma ve burkulma sonrası stabilite hesaplamaları açısından üç ana grupta toplayabiliriz. Literatürde bu kapsamda oldukça fazla sayıda makaleye rastlanmaktadır. Burkulmada stabil olmayan durumun azaltılarak, yapısal sistemlerin daha yüksek yüklemeler altında kararlı durumunu koruması istenmektedir. Bu nedenle, yapısal sistemler geometrik olarak güçlendirilerek kararsızlık durumu ortadan kaldırılmaya çalışılmaktadır. Bu çalışmada uzun kenarı boyunca değişken kama şekline sahip basit bir taşıt geometrisi üzerinde çalışılarak, burkulma davranışı incelenmiştir. Taşıt geometrisi bir ucu pim destekli diğer ucu sabitlenmiş bir kolon problemi olarak tasarlanmıştır. Literatürden bu konuyla ilgili bazı çalışmalar özetlenmiştir. Huang ve Li(2011) çalışmalarında, Euler-Bernoulli kolonlarının burkulma kararsızlık durumunu değişik sınır şartları altında inceleyerek, değişken eğilme rijitliği değerini Fredholm integral denklemine indirgeyip çözmüşlerdir. Değişken kesitli veya geometrik olarak desteklenmiş kolonların burkulmaya ve maksimum yük taşıma kapasitesini arttırarak, daha dayanıklı hale getirilebilmesi için gereken en uygun şekli bulmaya çalışmışlardır. Rajasekaran(1994) çalışmasında sonlu elemanlar yöntemini kullanarak, ince duvarlı açık kenarlı ve desteklenmiş kirişlerin kritik burkulma analizleri ve doğal frekanslarının hesaplanması üzerine bir çalışma yapmıştır. Hesaplamalarında, potansiyel enerji formülasyonu ve Lagrangian yaklaşımını kullanarak geometrik olarak doğrusal olmayan formülasyon kullanılmıştır. Dennis ve Jones(2017) Vlasov kiriş teorisini kullanarak, ince duvarlı ve süreksiz C-kesitli kirişlerin burkulma yüklemesi altındaki formülasyonunu gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada, değişken kesitli ince duvarlı C-kesitli ankastre kirişler, Andrade kiriş denklemlerinin Galerkin yaklaşık çözümüyle eğilme-burulma titreşim yüklemesi için çözülmüştür. Elde edilen sonuçlar sonlu elemanlar yönteminde kabuk elemanlar ile analizleri yapılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Küçükler ve Gardner (2017) çalışmalarında rijitliğin azaltılması metodu ile çelik plakların yanal yönden değişim halindeki kesit geometrilerinin kaynak yöntemiyle birleştirilerek güçlendirilmiş berkitmeli durumunu incelemiştir. Geometrik olarak doğrusal olmayan sayısal analiz yöntemiyle çözümler yapılmıştır. Saetiew, ve Chuchepsakul (2012) doğrusal olmayan elastik malzemeli lineer olarak değişken kesitli kolonun bası yükü altında burkulma analizini yapmışlardır. Kolonun iki ucunda pim bağlantısı sınır şartı uygulanmış olup, genelleştirilmiş Ludwick bünye denklemi kullanılmıştır. Kolon dikdörtgen kesitli olup, kolonun genişliği sabit tutulmak şartıyla, boyu doğrultusunda lineer değişken bir geometri seçilerek güçlendirme yapılmıştır. Yönetici denklemler geometrik olarak doğrusal olmayan ve malzeme esaslı doğrusal olmayan şartlar için elde edilmiştir. Benyamina, Meftah, Mohri ve Daya(2013) çalışmalarında, yanal burkulma yüklemesinin etkilerini, lineer olarak değişken yapı ve berkitmelerle güçlendirilmiş ince cidarlı kirişte araştırmışlardır. Büyük değerdeki burulma

rotasyonu dikkate alınarak yeni analitik denklem klasik rijitlik terimleri, yük ve yükseklik pozisyonu ve güçlendirme parametreleri cinsinden elde edilmiş ve sonuçlar sonlu elemanlar yöntemi sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Osmani ve Meftah(2018) ince duvarlı açık ve kapalı çift simetrik yapısıyla güçlendirilmiş kirişlerin, birleşik eğilme ve eksenel yük altında burkulmasını çalışmışlardır. Bu amaçla geometrik olarak doğrusal olmayan kiriş teorisi yeni kinematik model ile tanımlanmıştır. Yeni modele kayma rijitliği bileşenleri eklenmiştir. Sayısal modelleme sonuçları ile analitik sonuçlar karşılaştırılarak verilmiştir. Silvestre, Abambres ve Camotim(2018) çalışmalarında kirişlerin burkulma altında akma yüklemesi sonrası etkisinde kaldığı global, lokal ve bozulma deformasyonu modlarındaki yük taşıma kapasitesini araştırmışlardır. Değişik kesitlerdeki 5 farklı uzunluktaki kiriş, destekleme şartları, yükler bazında incelenmiş ve sonuçlar; yük-yerdeğiştirme eğrileri, kırılma mod konfigürasyonları ve burkulma sonrası farklı mod şekillerinden oluşan rijitlik değerleri için grafiklerle gösterilmiştir. Sonuçlara göre lokal ve bozulma deformasyonu, global burkulmaya nazaran burkulma sonrası yüklemeye daha büyük yük taşıma kapasitesi oluşturmuştur. Baranowski, Bogusz, Gotowicki and Malachowski(2012) çalışmalarında Mooney-Rivlin plastik malzeme bünye denklemi ve modeli, ayrıca malzeme sabitlerinin tespiti için deneysel testler yapmışlardır. Araştırmada, uzun yol taşıma ait sayısal modelleme oluşturulmuştur. Tekerlek ve jantın geometrik modeli 3D tarayıcı ile elde edilmiştir. Oluşturulan modeldeki iç lifli yapı mikroskop ve x-ışınları cihazlarıyla elde edilerek, lastik yapıdaki çözümler sonlu elemanlar yöntemiyle elde edilmiştir. Yapılan bu çalışmada, üç boyuttaki dört tekerlekli bir aracın ön iki tekerleğini kapsayan bölümü uygulanmıştır. Prototip taşıtın güçlendirme amacıyla değişken kesit yapısına sahip ön ana kesitine burkulma yükü, sabit kesitli arka ana gövdenin üst yüzeyine yayılı basınç yükü, ön ve arka ana yan yüzeylerinden birisine yayılı bası yükü veya yerdeğişimi yükleri konmuş, arka yüzeyine uygun sınır şartları uygulanarak statik burkulma analizleri yapılmıştır. Prototip taşıtın tekerlek yapısı homojen ve kompozit yapı olarak iki şekilde oluşturulmuştur. Yapılan burkulma analizleri sonucunda, global ve lokal burkulma şekilleri ve kritik burkulma yükleri ANSYS sonlu elemanlar kodu ile hesaplanmıştır.

2.SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE MODELLEME VE BURKULMA

2.1 Sayısal Modellemeler

Sayısal modellemede ANSYS programı kullanılmıştır. Ağ sistemini yaratmak için kullanılan eleman çeşidi SOLID185(3D homogeneous structural solid) olup, seçilen katı model eleman 8 ağ noktası ile tanımlıdır. Her ağ noktası 3 serbestlik derecesine sahiptir (u_x, u_y, u_z)(Şekil 1).



Şekil 1. ANSYS 3 boyutlu SOLID185 elemanın özellikleri

Modelleme sonucunda taşıt modeline ait katı cisim 8,139 ağ noktası ve 38,350 elemandan oluşturulmuştur(Şekil 2). Modelin geometrik boyutlandırması Şekil 2a ve Şekil 2b ile aşağıda verilmektedir. Şekilde belirtildiği üzere geometrik özellikler A, B, C, D, E, F, t ve d parametreleriyle verilmiştir. Bu değerler; $A=3000\text{mm}$, $B=2000\text{mm}$, $C=2909.36\text{mm}$, $D=1600\text{mm}$, $E=2000\text{mm}$, $F=1000\text{mm}$ ve tekerlek kalınlığı ve çapı ise $t=587\text{mm}$, $d=1600\text{mm}$ olarak tanımlanmıştır. Ana yapı ve tekerleğin modellemesi solid185 katı model eleman ağı ile tanımlanmıştır. Kullanılan lokal koordinat sistemi ve ağ yapısına ait şekiller Şekil 2c ve Şekil 2d ile verilmiştir. Taşıtın üzerindeki yüklemeleri, tekerlek kısımlarına iletmek için, ana gövde ve tekerlekler jant üst kapakları ile bir araya getirilerek birleştirilmiştir(Şekil 2d). Aktarılan yükün tekerlekteki dağılımı sağlamak için, tekerleğin alt parçaları olan jant ve jant üst kapakları, tekerleğin ana gövdeye birleştiği bölgede tanımlanmıştır. Pozitif x, y ve z yönlerini gösteren kartezyen koordinat sisteminin merkezi, sağdaki tekerleğin dış yüzeyindeki orta eksen üzerinde çakıştırılarak yerleştirilmiştir(Şekil 2d). Modelleme sırasında kullanılan malzeme çeşitleri Tablo 1 de listelenmiştir. Yükleme durumunu içeren, kuvvet ve yerdeğiştirme sınır şartlarının çeşitleri Tablo 2 de, Tablo 3 te ise detaylandırılmış açıklamaları verilmiştir. Analizlerde üç boyutlu taşıt modelinin burkulma durumunda hangi tepkileri vereceği hesaplanmıştır. Katı cisme etki ettirilen faktörler; ön yükleme, ağırlık olarak dikey yönde basınç yüklemesi ve yandan gelen darbelere karşı oluşacak rijit deformasyon olarak tanımlanabilir. Belirtilen yüklemeler birbiri arkasından eklenerek cismin son deformasyon durumları incelenmiştir. Belirtilen yüklemelerin detayları Tablo 3 te verilmiştir. Taşıtın ön yüzeyinden x-eksenine paralel olarak uygulanan noktasal burkulma yüklemesi durumunda, yükün uygulandığı +x-yönünde hareket serbest bırakılmış, diğerleri sıfır olarak tanımlanmıştır (Tablo 2(a)). Daha sonraki uygulamalarda ise, yüklemeye dik olan z ve y eksenleri doğrultusundaki yerdeğiştirmelerine ait sınır şartları da serbest bırakılarak, hareket sınırlaması kaldırılmıştır. Taşıtın tam arka yüzeyi sabit olarak yüklemeler yapılmış ve burkulma kritik yük ve şekilleri hesaplanmıştır. Taşıtın tekerleklerinin zemine tam olarak yapışmış olması veya kayar pozisyonlarda olmaları ayrı ayrı dikkate alınarak çözümlenmeler yapılmıştır(Tablo 2(b)). Taşıt

lastiklerinden birisinin zemine tam olarak bağlı olma durumu, her üç yöndeki yerdeğişimi fonksiyonlarının sıfırlanması ile sağlanmıştır. Hareket serbestliği verilirken, ilgili yöndeki yerdeğişimi serbest bırakılmıştır. Yanal rijit yerdeğiştirme durumunda ise arka yüzeyin yüklemenin yapıldığı +z doğrultusunda, yerdeğişiminin sağlanabilmesi için ilgili yerdeğişimi parametresi serbest bırakılmıştır. Bu sağlandıktan sonra yanal yüzeye +z yönünde yerdeğiştirme değeri $\delta(z)$ verilmiştir. (Tablo 2(c)) de yerdeğişimi sınır şartı yerine, yanal yüzeye baskı tipinde yükleme de yapılarak, +z eksenini doğrultusunda cisim sıkıştırılmıştır (Tablo 2(d)). Açıklanan sınır şartları çerçevesinde statik burkulma analizleri yapılmış, ve cismin değişik yükleme şartları altındaki genel burkulma mod ve şekilleri, maksimum gerilme ve deplasman durumları incelenmiştir. Yapılan bu araştırma sırasında kullanılan farklı metal ve plastik malzeme bileşenlerinin, oluşan burkulma, gerilme ve yerdeğişimi üzerinde yarattığı farklılıklarda ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Tablo 4 te analizleri yapılan modellerin 11 grupta toplanmıştır. Bu tabloda, Tablo 3 te özetlenen yükleme durumları (T) harfiyle, her modelde kullanılan 8 alt geometrik kısmın malzeme özellikleri (M) ile belirtilmiştir. Belirlenen 8 alt parça ana gövde 1 ve 2, 2 adet jant üst kapağı, 2 adet tekerlek içine gömülü yarım halka şeklindeki tekerleği güçlendirme amaçlı tanımlanan jant parçaları ve 2 adet tekerlekten oluşmaktadır. Analizler sırasında kullanılan malzeme tanımlamaları ve elde edilen sonuçlar aşağıdaki kısımlarda açıklanmaktadır.

2.2 Burkulma

Özdeğer formülasyonu, yapıların basma veya kayma yüklemeleri sonucunda cisimde oluşan “ayrılma noktaları”nın tespitinde kullanılır. Lokal ve global burkulma olarak ikiye ayrılmaktadır. Lineer burkulma analizi iki ana adımdan oluşmaktadır.

(I) İlk kısımda, verilen yük seviyesi ile ilgili denge durumunu belirlemek için lineer statik analiz çözümü yapılır.

$$[K]\{u\} = \{F\} \quad (1)$$

Burada, $[K]$ rijitlik matrisi, $\{u\}$ yerdeğişimi ve $\{F\}$ kuvvet vektörleridir. Referans durumu lineer statik analiz için belirlenen özel bir yük seviyesidir. Bu aşamada, ağ noktaları ve elemanlardan oluşan sistemin “geometrik rijitlik matrisi” $[K]$ hesaplanır. $[K]$ matrisinin teorilere göre diğer özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

$[K] = [K_0]$: Birinci mertebeden teori(lineer analiz)

$[K] = [K_0] + [K_\sigma]$: İkinci mertebeden teori(doğrusal olmayan analiz)

$[K] = [K_0] + [K_\sigma] + [K_u]$: Üçüncü mertebeden teori(doğrusal olmayan analiz)

(II) İkinci kısımda, sistemin kararlılık veya kararsızlık durumları öz değer probleminin aşağıda Denklem(2) ile verilen ifadesinin çözülmesiyle λ değerleri hesaplanarak belirlenir.

$$([K_G] - \lambda[I])\{\delta\} = \{0\} \quad (2)$$

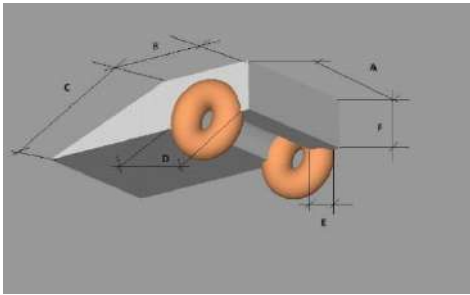
Burkulma problemleri için λ özdeğer probleminin köklerini belirtir. Minimum değeri kritik burkulma yüküne karşılık gelirken, her λ için ayrı ayrı hesaplanan $\{\delta\}$ özvektörü ise mod şekillerini kapsayan burkulmuş şekli ifade eder. $[I]$ birim matris olup, geometrik rijitlik matrisi, geometrinin ve yük seviyesinin bir fonksiyonu şeklindedir. Kritik burkulma gerilmesi ise aşağıdaki şekilde ifade edilir;

$$\sigma_{kr} = \frac{\pi^2 E}{(L'/\rho)^2} \quad (3)$$

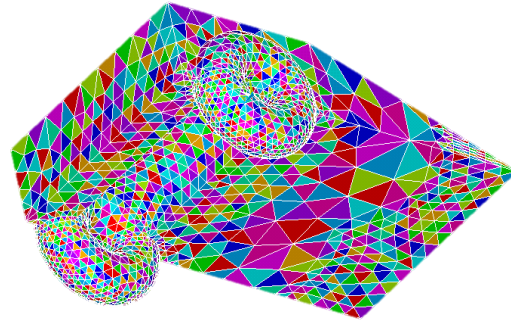
Burada, (L'/ρ) narinlik oranı, L' efektif kolon uzunluğu, ρ jirasyon yarı çapı olarak bilinmekte olup, $\rho = \sqrt{I/A}$ ifadesi ile tanımlıdır. Diğer bir şekilde, kritik yük cinsinden ifade edilecek olursa aşağıdaki Denklem(4) yazılır.

$$F_{kr} = \frac{\pi^2 EI}{(L')^2} \quad (4)$$

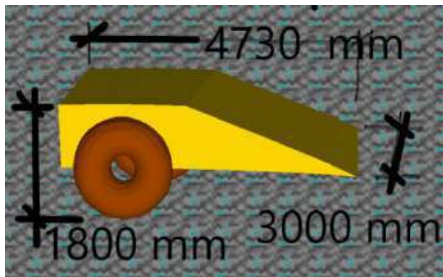
L' efektif kolon uzunluğudur. Bu çalışmada kullanılan sabit-serbest uç ve pim-pim sınır şartlarına göre $L'=2L$ ve $L'=L$ değerlerini alır.



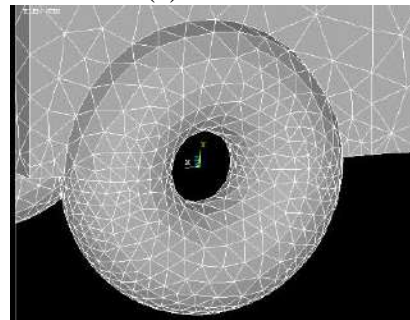
(a)



(c)



(b)



(d)

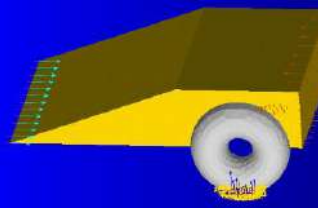
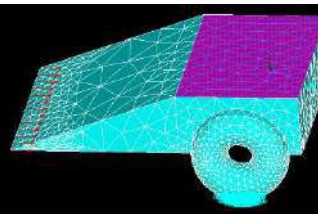
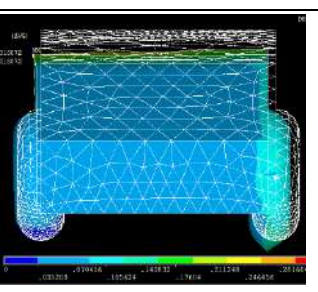
Şekil 2. Taşıt model yapının a) geometrik özellikleri, b) en-boy ve genişliği, c) cisimdeki Solid185 ağ sisteminin durumu,

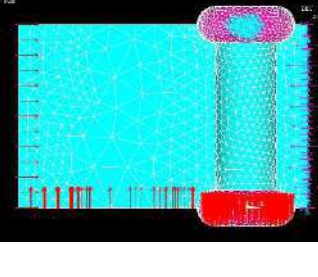
d) Ana gövdeyle birleştirilmiş tekerlek yapının Solid185 ağ sistemi (lokal Kartezyen koordinat sistemi tekerleğin orta merkezinde görülmektedir(x-y-z oryantasyonu))

Tablo 1. Modellemede kullanılan malzemelerin mekanik özellikleri

Malzeme Tipi	Malzeme	Elastik modülü $E(GPa)$	Poisson oranı ν	Akma çeki gerilmesi $\sigma_y(MPa)$	Akma kayma gerilmesi $\tau(MPa)$	Gerilme çeki mukavemeti $\sigma_y(MPa)$
M1	Çelik St42	210	0.30	250	145	490
M2	Plastik Kevlar 49	131	0.34	-	-	2760
M3	Alüminyum 6061-T6	68.9	0.35	240	140	290
M4	Alüminyum 2014-T6	73.1	0.35	95	55	290
M5	Hiperelastik malzeme (Mooney-Rivlin)	0.014	0.45	-	-	-

Tablo 2. Modellemede tanımlanan yük ve yerdeğişimi sınır şartlarına ait açıklamalar

Sınır Şartları #	Yükleme Tipi	Yükleme Tanımlamaları
a		<ul style="list-style-type: none"> a) Noktasal kuvvetlerin uygulandığı, burkulma ön kenar yüklemesi, b) tekerleğin yüzeye temas halini belirten yerdeğişimi sınır şartı durumu, c) Taşıtın arka dikdörtgen yüzey hareketinin sınırlandırılmış durumu.
b		<ul style="list-style-type: none"> a) Noktasal kuvvetlerin uygulandığı, burkulma ön kenar yüklemesi ve tekerleğin yüzeye temas halini belirten yerdeğişimi sınır şartı durumu, b) Taşıtta yüklenen yayılı yükün, cismin ikinci ana bloğunun üzerindeki dikdörtgen alana basınç tipinde uygulanması durumu, c) Taşıtın arka dikdörtgen yüzey hareketinin sınırlandırılmış durumu.
c		<ul style="list-style-type: none"> a) Noktasal kuvvetlerin uygulandığı, burkulma ön kenar yüklemesi, b) Taşıtın arka dikdörtgen yüzey hareketinin sınırlandırılmış durumu, c) Sol tekerleğin yüzeye temas halini belirten yerdeğişimi sınır şartı durumu, sağ tekerleğin serbest bırakılarak, taşıtın yan yüzey yüklemesi anında yerdeğişimine izin verilmesi, d) Sağ yan yüzeyden uygulanan (+z) yönündeki $\delta(z)$ rigid yüzey sıkıştırma yüklemesi.

d		<p>a) Noktasal kuvvetlerin uygulandığı, burkulma ön kenar yüklemesi,</p> <p>b) Taşıtın arka dikdörtgen yüzey hareketinin sınırlandırılmış durumu,</p> <p>c) Sol tekerleğin yüzeye temas halini belirten yerdeğişimi sınır şartı durumu, sağ tekerleğin serbest bırakılarak, taşıtın yan yüzey yüklemesi anında yerdeğişimine izin verilmesi,</p> <p>d) Sağ yanal yüzeyden uygulanan noktasal kuvvet uygulaması(F(z)).</p>
----------	---	---

Tablo 3. SEY modellemesinde tanımlanan yerdeğişimi sınır şartları ve uygulanan kuvvet/yerdeğişirme tanımlı yüklemelerin değerleri

Yükleme Tipi	Kuvvet ve deplasman yüklemeleri ve uygulanan sınır şartları listesi
T1	Yayıllı yük $w = 0.0N/m^2$, burkulma ön kenar yüklemesi $P_{net} = 13_{node} \times 400E + 02 = 5200 N$, Tekerlek_1 (sol) : $(ux \neq 0, uy \neq 0, uz \neq 0)$ Tekerlek_2 (sağ) : $(ux \neq 0, uy \neq 0, uz \neq 0)$ Ön kenarda : $(ux \neq 0, uy = 0, uz = 0)$
T2	Yayıllı yük $w = 5200 N/m^2$, burkulma ön kenar yüklemesi $P_{net} = 13_{node} \times 400E + 02 = 5200 N$, Tekerlek_1 (sol) : $(ux = 0, uy = 0, uz = 0)$ Tekerlek_2 (sağ) : $(ux = 0, uy = 0, uz = 0)$ Ön kenarda : $(ux \neq 0, uy = 0, uz = 0)$
T3	Yayıllı yük $w = 5200 N/m^2$, burkulma ön kenar yüklemesi $P_{net} = 13_{node} \times 400E + 02 = 5200 N$, Ön kenarda : $(ux \neq 0, uy = 0, uz = 0)$ Tekerlek_1 (sol) : $(ux \neq 0, uy \neq 0, uz \neq 0)$ Tekerlek_2 (sağ) : $(ux = 0, uy = 0, uz = 0)$
T4	Yayıllı yük $w = 5200 N/m^2$, burkulma ön kenar yüklemesi $P_{net} = 13_{node} \times 400E + 02 = 5200 N$, Ön kenarda : $(ux \neq 0, uy = 0, uz = 0)$ Tekerlek_1 (sol) : $(ux = 0, uy = 0, uz = 0)$ Tekerlek_2 (sağ) : $(ux \neq 0, uy = 0, uz \neq 0)$
T5	Yayıllı yük $w = 3900 N/m^2$, burkulma ön kenar yüklemesi $P_{net} = 13_{node} \times 400E + 02 = 5200 N$, Ön kenarda : $(ux \neq 0, uy = 0, uz = 0)$ Tekerlek_1 (sol) : $(ux = 0, uy = 0, uz = 0)$ Tekerlek_2 (sağ) : $(ux \neq 0, uy = 0, uz \neq 0)$
T6	Yayıllı yük $w = 3900 N/m^2$, burkulma ön kenar yüklemesi $P_x = 13_{node} \times 400E + 02 = 5200 N$, Sağ yan yüzeyde $Fz = 400 N$ her ağ noktasına uygulanan noktasal kuvvet Ön kenarda : $(ux \neq 0, uy = 0, uz = 0)$ Tekerlek_1 (sol) : $(ux = 0, uy = 0, uz = 0)$ Tekerlek_2 (sağ) : $(ux \neq 0, uy \neq 0, uz \neq 0)$
T7	Yayıllı yük $w = 3900 N/m^2$, burkulma ön kenar yüklemesi $P_x = 13_{node} \times 400E + 02 = 5200 N$, Sağ yan yüzeyde $Fz = 400 N$: her ağ noktasına uygulanan noktasal kuvvet Ön kenarda : $(ux \neq 0, uy = 0, uz = 0)$ Tekerlek_1 (sol) : $(ux = 0, uy = 0, uz = 0)$ Tekerlek_2 (sağ) : $(ux \neq 0, uy \neq 0, uz \neq 0)$
T8	Yayıllı yük $w = 800 N/m^2$, Burkulma kenar yüklemesi $P_x = 13_{node} \times 5.0E + 07 = 65.0E + 07 N$, Sağ yan yüzeyde rijit ilerleme miktarı $\delta = 50 mm$ Ön kenarda : $(ux \neq 0, uy \neq 0, uz \neq 0)$ Tekerlek_1 (sol) : $(ux = 0, uy = 0, uz = 0)$ Tekerlek_2 (sağ) : $(ux \neq 0, uy \neq 0, uz \neq 0)$ Arka yüzeydeki alan üzerinde z yönünde hareket serbestliği verilirken, diğer iki yönde yerdeğişimi sınır şartları sıfır olarak tanımlandı.

T9	<p>Yayıllı yük $w = 800 N/m^2$, burkulma ön kenar yüklemesi $P_x = 13_{node} \times 5.0E + 07 = 65.0E + 07 N$. Sağ yan yüzeyde 13 farklı rijit ilerleme miktarları uygulandı $\delta = (50, 53, 56, 59, 60, 62, 64, 66, 68, 70, 80, 90, 110) mm$ Ön kenarda : (ux≠0, uy≠0, uz≠0) Tekerlek_1 (sol) : (ux=0, uy=0, uz=0) Tekerlek_2 (sağ) : (ux≠0, uy=0, uz≠0) Arka yüzeydeki alan üzerinde z yönünde hareket serbestliği verilirken, diğer iki yönde yerdeğişimi sınır şartları sıfır olarak tanımlandı.</p>
----	---

Tablo 4. Modellemelerde (FEA_M) kullanılan, yükleme (T) ve malzeme (M) sınıflandırma listesi

ANSYS Model No	Yük Modu	Ana Gövde_1	Ana Gövde_2	Jant üst kapak (sağ taraf)	Jant üst kapak (sol taraf)	Jant (sağ taraf)	Jant (sol taraf)	Sağ Tekerlek	Sol Tekerlek
FEA_M ₁	T1	M1	M1	M1	M1	M1	M1	M2	M2
FEA_M ₂	T2	M1	M1	M1	M1	M1	M1	M2	M2
FEA_M ₃	T3	M1	M1	M1	M1	M1	M1	M2	M2
FEA_M ₄	T4	M1	M1	M1	M1	M1	M1	M2	M2
FEA_M ₅	T4	M1	M1	M3	M3	M4	M4	M5	M5
FEA_M ₆	T5	M1	M1	M3	M3	M4	M4	M5	M5
FEA_M ₇	T6	M1	M1	M3	M3	M4	M4	M5	M5
FEA_M ₈	T7	M1	M1	M3	M3	M4	M4	M5	M5
FEA_M ₉	T8	M1	M1	M3	M3	M4	M4	M5	M5
FEA_M ₁₀	T9	M1	M1	M3	M3	M4	M4	M5	M5
FEA_M ₁₁	T9	M1	M1	M1	M1	M1	M1	M2	M2

3.GÜÇLENDİRİLMİŞ KOMPOZİT MODELİN BURKULMA ANALİZLERİ

Oluşturulan güçlendirilmiş taşıt geometrisi, genellikle kullanılan oval ön yüzey yapısı yerine üç boyutlu bir kama şekli seçilerek analizleri yapılmıştır. Taşıtın ön yüzeyine uygulanan burkulma yükü etkilerini daha detaylı inceleyebilmek için sürekli berkitme tipi güçlendirme geometrisi(WTCSS : *Wedge Type Continuously Stiffened Structure*) olarak ana gövdenin ön cephesi kama şeklinden, daha sonraki kısmı ise dikdörtgen bloktan oluşturularak birleştirilmiştir. Böylece, ön cephenin en uç kenarı boyunca uygulanan bası yükünün yarattığı burkulma, deformasyon ve gerilme etkilerinin büyüklüğü, beklendiği gibi ince uçtan kalın gövde kısmına doğru azalan dağılımlar göstermiştir(Tablo 5). Yapılan analizlerin çeşitleri, Tablo 5 te FEA_M_i ismiyle verilmekte olup, (SEY: Sonlu Elemanlar Yöntemi (FEA)) model kod numarası (M_i) ile birlikte tanımlanmıştır. Yapıdaki geometrik güçlendirme, dikdörtgen kesitli birinci ana gövdenin yanal yüzeyinin kama şeklindeki yapısı ile oluşturulmuş ve bu sayede ilk olarak en uçta, yükün uygulandığı kısımda burkulma mod şekilleri ortaya çıkmıştır(Tablo 5, Tablo 6) ve taşıtın ön kısmı dikey konumda esneyerek kıvrılmıştır (FEA_M₁). Bu ilk analizde tekerlekler yüzeye bağlı değildir ve iki ana gövde çelik malzemedir, tekerlekler, jant ve jant üst kapakları ise plastik Kevlar49 malzemelerinin kullanılması ile tasarımı yapılmıştır. İkinci modelde, iki tekerlek yere bağlanmış ve cismin ikinci kısmına yayılı yük uygulanmıştır(FEA_M₂). Kullanılan malzeme, birinci modelin

malzemesiyle aynıdır. Bu durumda, cismin ön kısmındaki dikey hareket azalmış, burkulma mod şekilleri yine geometrinin bu kısmında oluşarak belli bölgelerde yoğunlaşarak toplanmıştır. Bu analizde, beşinci burkulma mod şekli, ilerleyerek geometrinin sol tekerlek kısmında oluşmuştur(Tablo 7). Burkulma yükü x eksenine paralel olarak uygulandığı zaman, bu ilk iki modelin x eksenini boyunca oluşturduğu gerilme ve gerinim dağılımlarını incelediğimizde, von Mises $\sigma_{x_{max}}$ değerinin 72.695E+03 Pa değerinden 77.319E+03 Pa değerine arttığı görülmektedir (Tablo 5). İkinci modelde kritik burkulma yükü mutlak değer cinsinden 2.692E+06 N den 6.229E+05 N ye düşerek 10 kat azalmıştır. FEA_M₃ modelinde ise, bir önceki uygulamalara ek olarak, soldaki tekerlek yere tam bağlanmış, sağdaki serbest bırakılmış ve cismin ikinci kısmının üzerine bası tipindeki yayılı yük uygulanmıştır. Tablo 7’den görüleceği üzere, sol tekerlek serbest bırakılınca, birinci kritik burkulma yükü bir önceki modelle yaklaşık olarak aynı kalmakla beraber, 5. mod şekli serbest olan tekerlek üzerinde oluşmuştur. FEA_M₄ modelinde, sol tekerlek sabitlenirken, sağ tekerleğin y eksenini boyunca hareketi sınırlandırılmıştır. Bu durumda, von Mises $\sigma_{x_{max}}$ değeri bir önceki modele göre artış göstererek, 81.062E+03 Pa değerine ulaşmıştır. Modelde oluşan 1. burkulma yük değeri 5.902E+05 N dir ve global burkulma kama geometrisinin sağ ön yüzeyinde belirmiştir. Aynı analizin 3 ve 4 üncü şekillerinde lokal burkulmalar kama şeklinin tekrar başlangıç kısmında hesaplanmıştır. Tablodan görüldüğü üzere, sağ tekerlek üzerinde oluşan burkulma modu 2. sırada gerçekleşmiştir(Tablo 7). FEA_M₅ modelinde, taşıtın alt parçaları farklı malzemelerden seçilerek tanımlanmıştır. Bu modelde, bir önceki uygulamada olduğu gibi sol tekerlek sabitlenirken, sağ tekerleğin y eksenini boyunca hareketi sınırlandırılmıştır. Bu modelde, sağ ve sol üst kapaklar M3 Alüminyum 6061 malzemesinden, sağ ve sol jantlar (M4) Alüminyum 2014 malzemesinden, tekerlekler ise (M5) Mooney-Rivlin plastik malzemesi ile tanımlanmıştır. Tablo 7 de, 1. kritik burkulma yükü, sol tekerlekte başlamış, 2. ve 3. mod burkulma şekilleri sırasıyla önce sağ tekerlekte, sonra da sol tekerlekte global burkulma formunda gerçekleşmiştir. Burkulmanın 5. mod şeklinde lokal burkulma sağ tekerlekte oluşmuştur. Bir önceki modellere göre kritik burkulma yükünün değerinde biraz düşüş yaşanmış ve -3.047E+05 N değeri hesaplanmıştır. Von Mises normal gerilme değeri ise ani artış göstererek $\sigma_{x_{max}} = 102.233E+03$ Pa değerine yükselmiştir. FEA_M₆ modelinde, cisme uygulanan yayılı yük azaltılmış, bunun sonucunda, von Mises normal gerilme değeri $\sigma_{x_{max}} = 99.602E+03$ Pa olarak bulunurken, 1. kritik burkulma yükü -3.804E+05 N değerine yükselmiştir. Tablo 7 de görüldüğü üzere 1. burkulma mod şekli sağ tekerlekte başlamış ve 2. Mod şeklinde ise sol tekerleğe geçmiştir. 4üncü mod şeklinde sağ tekerlekte önce tekli burkulma şekli görülmekte, bu da global burkulmaya karşılık gelmektedir. 5inci mod şeklinde ise lokal burkulmaya örnek teşkil edecek, çift burkulma durumu gerçekleşmiştir. FEA_M₇ modelinde, sol tekerlek sabitlenirken, sağ tekerlek serbest bırakılmıştır. Cismin sağ yüzeyindeki ağ noktalarından 400N değerinde bası yükü ek olarak uygulanmıştır. Von Mises normal gerilme değeri yaklaşık 72 kat artarak $\sigma_{x_{max}} = 718.0 +04$ Pa değerini almış ve 1. kritik burkulma yükü ise 1.1E+05 kat

azalarak $\lambda_1 = -5.368 + 05$ değerini almıştır. Bu modelde, tekerlekteki global burkulma 3. Mod çözümünde başlamış, ve 4 ve 5. Mod şekillerinde ise tekrarlamıştır. FEA_M₈ modelinde ise, taşıtın ön kenarına uygulanan yük değeri $1.25E+05$ kat artırılarak $P_x = 13_{node} \times 5.0E + 07 = 65.0E + 07 N$ değerine eşitlenmiştir. Bu durumda, modelde von Mises gerilmesi $1.74 \times E + 05$ kat artarak $\sigma_{x_{max}} = 125.0 + 08 Pa$ değerine ulaşmıştır. 1. kritik burkulma yükü ise $1.106 \times E + 05$ kat azalarak $\lambda_1 = -4.852E - 00N$ değerini almıştır. Sonuç olarak, cisme önden uygulanan yük artırıldığında kritik burkulma yükünde aynı oranda ani büyük düşüşler olmuştur. İkinci kritik global burkulma modu, kama gövdenin baş kısmında lineer bir dağılımla ortaya çıkmış ve dikdörtgen prizma ikinci ana parçaya doğru düzgün bir şekilde ilerlemiştir. Bu modelde, tekerlekteki burkulma modu 3. aşamada net olarak görülmektedir. FEA_M₉ modelinde yayılı yük $w = 800 N/m^2$ değerine düşürülürken, yanal yüzeyden yayılı yük uygulaması yerine, yerdeğişimi tabanlı yükleme yapılmıştır. Bu uygulama sonucunda, von Mises normal gerilmesi $959.00 E+07 Pa$ değerini verirken, 1. kritik yük değeri $2.212E-00 N$ olarak hesaplanmıştır. Burkulma şekillerine bakılacak olursa, ilk 4 mod şeklinde cismin ön yüzeyinde, lokal burkulma deformasyonları görülmüştür. 5. burkulma şeklinde ise öndeki lokal burkulma mod şekline ek olarak, sol tekerlekte de global burkulma görülmektedir. FEA_M₁₀ modelinde, cismin sağ yüzeyinden 13 farklı δ yüklemesi ile M5 plastik malzemesi için, FEA_M₁₁ modelinde ise, aynı yükleme durumu M2 plastik malzemesi için uygulanmıştır. Tablo 6. da listelenen özdeğerler, $\delta=110mm$ yükleme durumu sonucundan elde edilenlerdir. Sonuçlara bakıldığında Kevlar malzemesine ait modelden elde edilen özdeğer, Mooney-Rivlin malzemesine göre elde edilenin 10 kat daha büyüktür.

Tablo 5. Analiz sonuçlarından elde edilen gerilme(σ) ve gerinim(ϵ) dağılımları

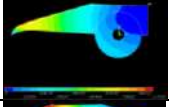
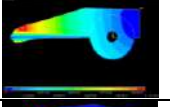
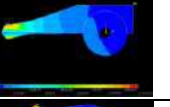
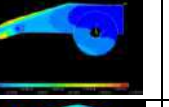
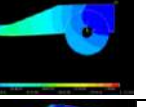
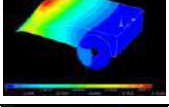
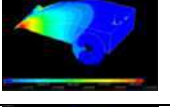
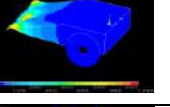
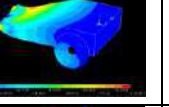
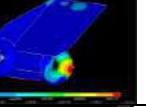
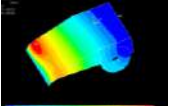
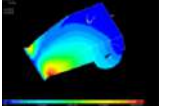
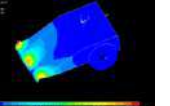
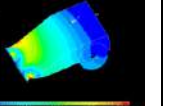
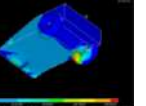
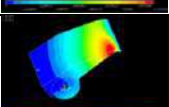
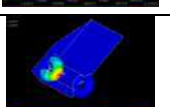
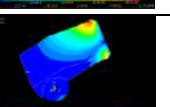
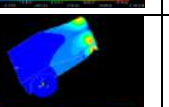
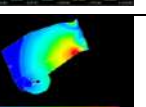
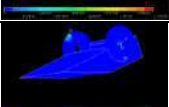
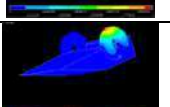
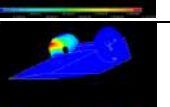
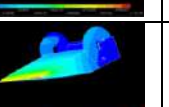
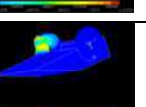
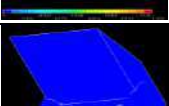
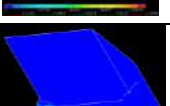
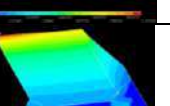
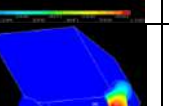
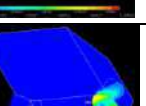
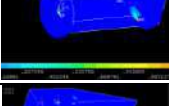
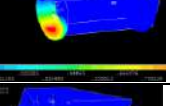
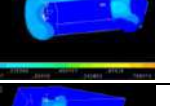
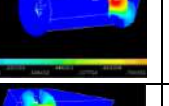
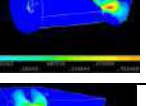
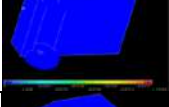
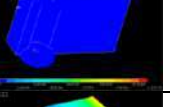
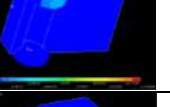
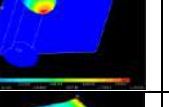
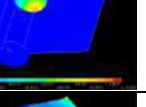
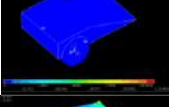
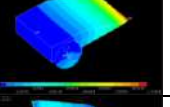
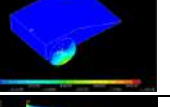
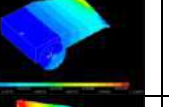
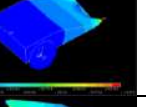
Yükleme Tipi	$\sigma_{x_{max}}$ (von Mises) (Pa)	$\sigma_{x_{min}}$ (von Mises) (Pa)	$\epsilon_{x_{max}}$ (von Mises)	$\epsilon_{x_{min}}$ (von Mises)	$\sigma_{x_{max}}$ (bası) (Pa)	$\epsilon_{x_{max}}$ (daralma)
FEA_M ₁	72.695E+03	51.00E-03	0.347E-06	0.591E-09	-89.964E+03	-0.353E-06
FEA_M ₂	77.319E+03	0.469E-03	0.467E-06	0.498E-08	-89.654E+03	-0.337E-06
FEA_M ₃	76.967E+03	0.194E-03	0.430E-06	0.242E-08	-89.649E+03	-0.334E-06
FEA_M ₄	81.062E+03	0.603E-03	0.410E-06	0.622E-08	-88.786E+03	-0.330E-06
FEA_M ₅	102.233E+03	0.521E-00	0.374E-05	0.197E-08	-114.124E+03	-0.315E-05
FEA_M ₆	99.602E+03	0.399E-00	0.305E-05	0.193E-08	-99.285E+03	-0.260E-05
FEA_M ₇	718.00E+04	1.800E-00	0.284E-00	0.243E-07	-363.00E+04	-0.261E-00
FEA_M ₈	125.00E+08	0.303E+05	0.275E-00	0.125E-03	-124.00E+08	-0.118E-00
FEA_M ₉	959.00 E+07	6.065E+03	0.121E-00	0.113E-03	-117.00E+08	-0.112E-00

Tablo 6. Değişik yükleme uygulamaları sonucunda hesaplanan kritik burkulma yükleri P_{kr} (özdeğerler)

Yükleme Modeli	Yükleme Tipi	$\lambda_1 (10^3)N$	$\lambda_2 (10^3)N$	$\lambda_3 (10^3)N$	$\lambda_4 (10^3)N$	$\lambda_5 (10^3)N$
FEA_M ₁	T1	-2.692E+03	5.691E+02	1.087E+03	1.845E+03	2.324E+03
FEA_M ₂	T2	6.229E+02	1.089E+03	1.484E+03	1.828E+03	2.047E+03
FEA_M ₃	T3	5.827E+02	1.019E+03	1.438E+03	1.767E+03	2.071E+03
FEA_M ₄	T4	5.902E+02	9.322E+02	1.083E+03	1.464E+03	1.754E+03

FEA_M ₅	T4	-3.047E+02	1.536E+02	2.379E+02	2.717E+02	3.077E+02
FEA_M ₆	T5	-3.804E+02	1.917E+02	2.727E+02	2.947E+02	3.814E+02
FEA_M ₇	T6	-5.368E+02	-4.613E+02	4.839E+02	5.155E+02	5.262E+02
FEA_M ₈	T7	-4.852E-03	2.201E-03	2.864E-03	3.399E-03	5.030E-03
FEA_M ₉	T8	2.212E-03	3.414E-03	5.133E-03	5.645E-03	7.373E-03
FEA_M ₁₀	T9	-1.076E-03	-1.051E-03	-1.027E-03	-9.357E-04	1.093E-03
FEA_M ₁₁	T9	-9.908 E-04	9.312 E-04	1.024E-03	1.050E-03	1.059E-03

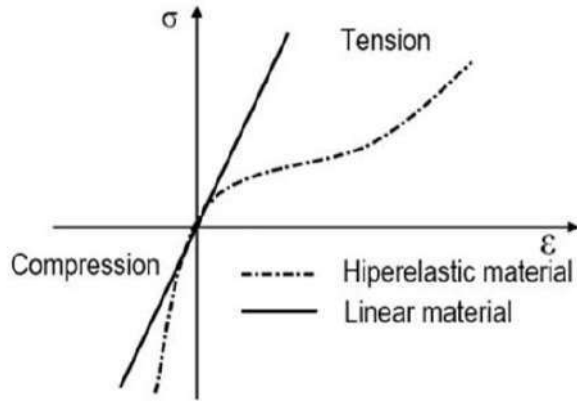
Tablo 7. SEY ile çözümlenen taşıt modelinin ilk beş burkulma yüklerine karşı oluşan burkulma mod şekilleri

Model Tipi	δ_1 (mm)	δ_2 (mm)	δ_3 (mm)	δ_4 (mm)	δ_5 (mm)
FEA_M ₁					
FEA_M ₂					
FEA_M ₃					
FEA_M ₄					
FEA_M ₅					
FEA_M ₆					
FEA_M ₇					
FEA_M ₈					
FEA_M ₉					

4.SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Cisme uygulanan yüklemelerin büyüklük ve uygulanış biçimine, ayrıca malzemenin cinsine göre, lastik tekerleklerde meydana gelen deformasyonların büyüklükleri değişiklik göstermektedir. FEA_M₅ modeline göre yapılan uygulamada, tekerlekler doğrusal olmayan Mooney-Rivlin plastik malzemesinden seçilerek analizler yapılmıştır (Tablo 1). Karşılaştırma amaçlı olarak, bu malzemeye ait çekme ve basma deneylerinden elde edilen gerilme-gerinim

grafığı Şekil 3.a da verilmiştir. FEA_M5 modeli kullanılarak cismin ikinci ana bölümünün üst yüzeyinden 13 farklı basınç yayılı yük (w) değeri uygulanarak yapılan analizlerden ve sol lastik tekerleğinin belirlenen 499 numaralı ağ noktasından alınan maksimum sehim değerlerine göre elde edilen net basınç yükü-deplasman $v(y)$ grafığı, Şekil 3.b de verilmiştir. Görüldüğü gibi, Şekil 3.a ve Şekil 3.b birbirleriyle benzerlik göstermektedirler. FEA_M5 modelinde ayrıca diğer ek yükler(T4) yayılı yüke ek olarak uygulanmaya devam ettirilmiştir.



Şekil 3a. Doğrusal olmayan hiperelastik malzemeye ait gerilme-gerinim grafiği[10]



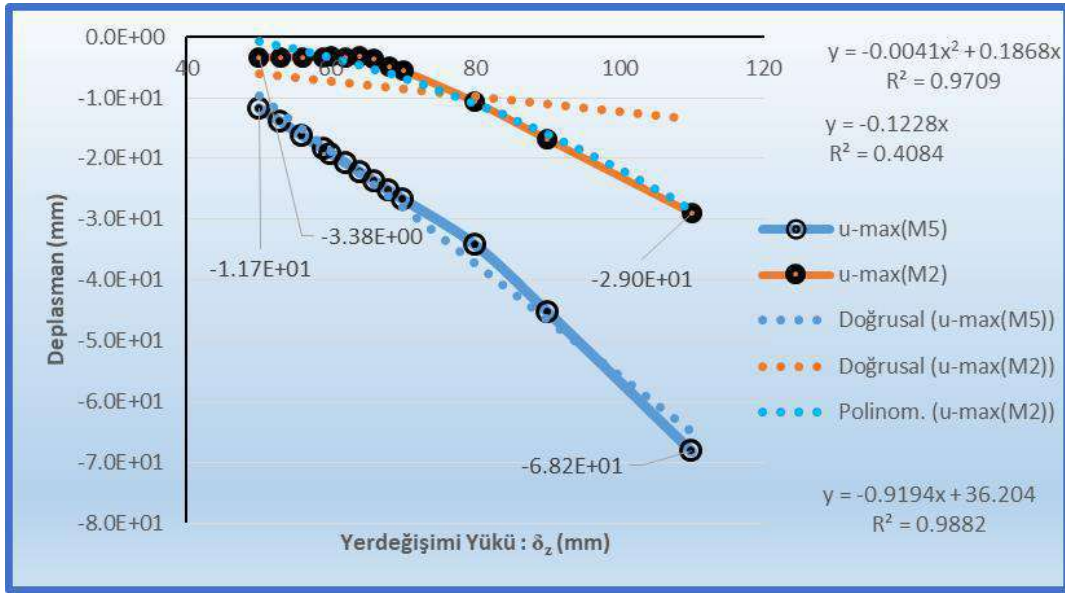
Şekil 3b. Modele uygulanan dikey yayılı yükün, y ekseninde boyunda plastik tekerlekte oluşturduğu $v(y)$ dikey çökme dağılımı (FEA_M6)

Şekil 4 ve Şekil 5 te, ANSYS koduyla yapılan FEA_M10 ve FEA_M11 modellerinden elde edilen sonuçlar özetlenmektedir. Şekil 4. te verilen grafik, yerdeğişimi sınır şartı δ_z nin 50-110mm aralığında uygulanmasıyla, +z eksenindeki cismin daralması sonucu x ekseninde oluşan maksimum deplasman $u(x)$ değerlerini içermektedir. Uygulamada, M2 ve M5 malzemeleri için elde edilen iki grafiğin eğimleri ve hesaplanan doğru denklemleri birbirlerinden farklılık göstermektedir. M2 malzemesi için elde edilen grafiğin eğim çizgisi denklemi $y = -0.1228x$ iken M5 malzemesinin ifadesi $-0.9194x + 36.2$ dir. Böylece, iki grafiğin eğimlerinin sırasıyla, -0.1228 ve -0.9194 olduğu görülmektedir. M2 eğrisini temsil eden ikinci eğim çizgisi $y = -0.41E-$

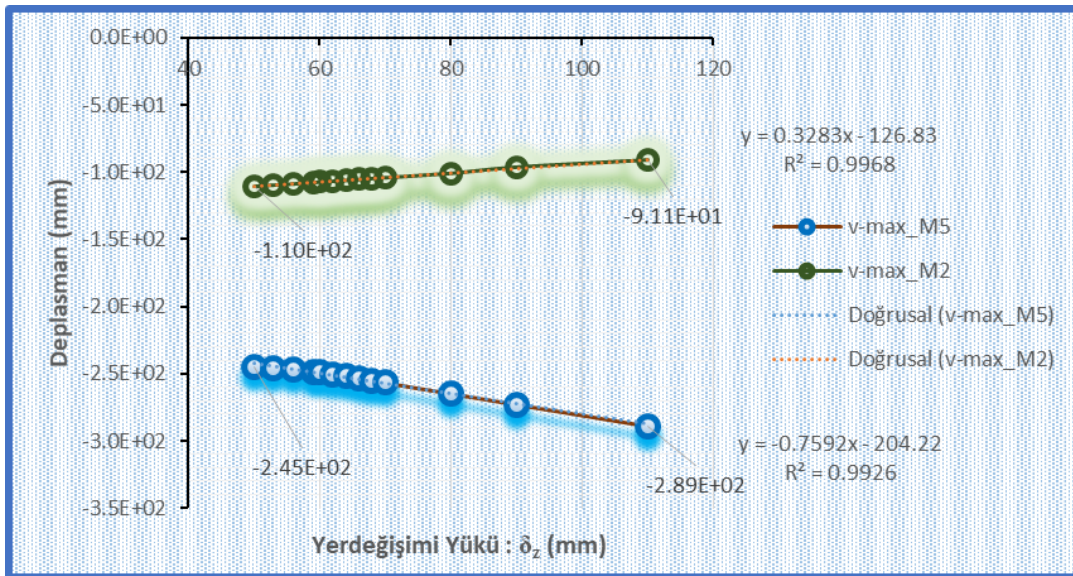
$02x^2+0.1868x$ ile tanımlanan parabolik bir denklemdir. İki grafik de eksi yönde artma eğilimi göstermektedir. M2 malzemesinin M5 malzemesine göre δ_z yüküne karşı verdiği tepki mutlak değer olarak daha küçüktür. Diğer bir deyişle, M2 malzemesi daha az esnemektedir.

Şekil 5. te verilen grafik, yerdeğişimi sınır şartı δ_z nin 50-110mm aralığında uygulanmasıyla, +z eksenindeki cismin daralması sonucu y ekseninde oluşan maksimum sehim $v(y)$ değerlerini içermektedir. M2 malzemesi için elde edilen grafiğin eğim çizgisi denklemi $y=0.3283x-126.83$ iken M5 malzemesinin ifadesi $y=-0.7592x-204.22$ dir. Böylece, iki grafiğin eğimlerinin ters işaretli olarak sırasıyla, 0.3283 ve -0.7592 olduğu görülmektedir. Grafikler karşılaştırılacak olursa, M2 malzemesi, sıkıştırma yüklemesine büyük tepki göstermekte ve az esnemekte iken, yüklemeye arttıkça hesaplanan yerdeğişimi miktarının maksimum değerinde ters orantılı olarak azalma görülmektedir. M2 malzemesini z-ekseninde $\delta_z =50$ mm sıkıştırma durumunda, -y ekseninde 110 mm yerdeğişimi hesaplanmıştır. Bu değer daha sonraki aşamada $\delta_z =110$ mm sıkıştırma durumunda -y ekseninde 91 mm'ye karşılık gelmektedir. M5 malzemesini z-ekseninde $\delta_z =50$ mm sıkıştırma durumunda ise, -y ekseninde 245 mm yerdeğişimi hesaplanmıştır. Bu değer daha sonraki aşamada $\delta_z =110$ mm sıkıştırma durumunda -y ekseninde 289 mm'ye ulaşmıştır. Bu model için ise, yük-yerdeğişimi eğrisinin doğru orantılı olarak artma eğiliminde olduğu görülmüştür. Maksimum yerdeğişiminin $v(y)=289$ mm ye ulaşması ve cismin diğer boyutlarına göre bu değer oldukça büyük bir değer olarak ortaya çıkması sonucunda, sistemin kararsızlığa itildiğini gösterir. Sonuç olarak, birleşik yüklemeye durumunda, z eksenindeki 110mm lik sıkıştırma, cismin dengesini bozarak lastikle -y ekseninde 289 lik yerdeğişimi yaratmıştır. Lastiğin yarıçapı $d=800$ mm ise M5 lastik tekerleğin y eksenindeki maksimum çökmesi 56.51% iken M2 lastik tekerleğin çökmesi 12.83% olarak hesaplanabilir.

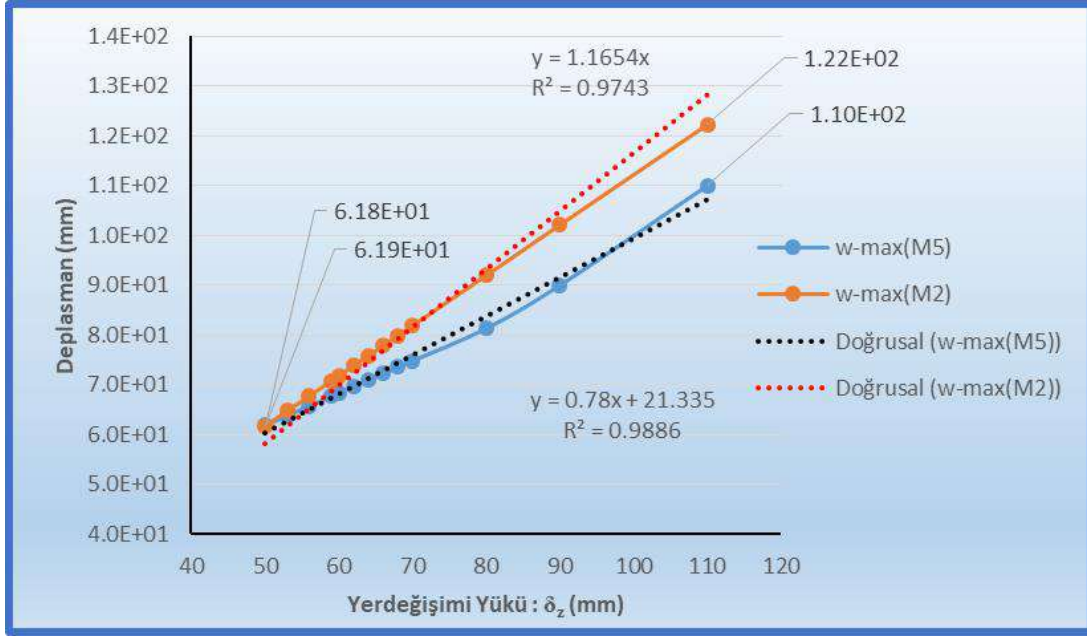
Şekil 6. da verilen grafik, aynı şekilde yerdeğişimi sınır şartı δ_z nin 50-110mm aralığında uygulanmasıyla, +z eksenindeki cismin zorlanarak daraltılması sonucu z ekseninde oluşan maksimum sehim $w(z)$ değerlerini içermektedir. M2 malzemesi için elde edilen grafiğin eğim çizgisi denklemi $y=1.1654x$ iken M5 malzemesinin ifadesi $0.78x+21.335$ tir. Böylece, iki grafiğin eğimlerinin aynı işaretli olarak sırasıyla, 1.1654 ve 0.78 olduğu görülmektedir. Grafikler karşılaştırıldığında, M5 malzemesi, z eksenini boyunca sıkıştırma yüklemesine M2 malzemesine göre daha büyük tepki gösterdiği görülür. M5 malzemesi M2 ye göre daha düşük maksimum deformasyon göstermiştir. Analizlerden elde edilen ilginç olan nokta, $\delta_z =110$ mm maksimum sıkıştırma değerinde, M5 malzemesinin tanımlandığı FEA_M11 modelinde, z ekseninde oluşan maksimum sehim değeri olan $w(z)=110$ mm değeri elde edilirken, FEA_M10 modelinde M2 malzemesi $w(z)=122$ mm'yi vermiştir.



Şekil 4. Yerdeğişimi sınır şartı δ_z (mm) ile tanımlı yanal yayılı yükün sırasıyla uygulanmasıyla, modelde x eksenini boyunca oluşan $u(x)_{\max}$ sehimi dağılımlarının M2 ve M5 malzemelerine göre değişimleri (FEA_M10, FEA_M11).

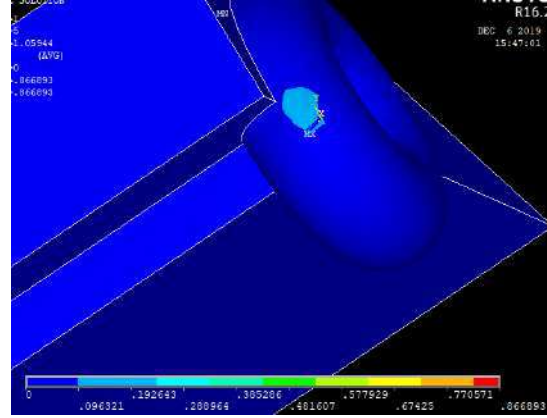
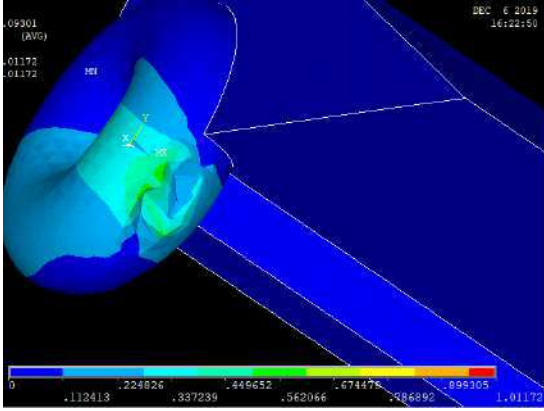


Şekil 5. Modele uygulanan yerdeğişimi sınır şartı δ_z ile tanımlı yanal yayılı yükün, yapıda y eksenini boyunca oluşturduğu $v(y)_{\max}$ sehimi dağılımlarının M2 ve M5 malzemeleri için değişimi (FEA_M10, FEA_M11).



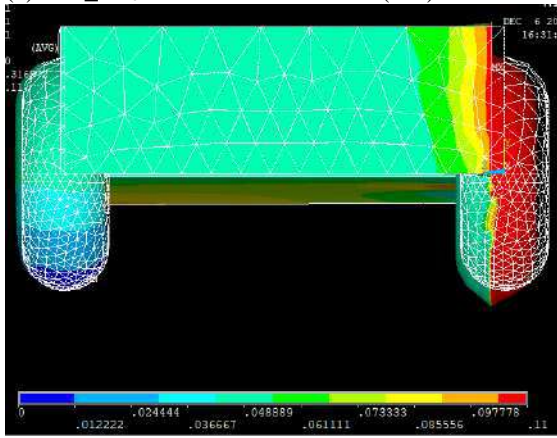
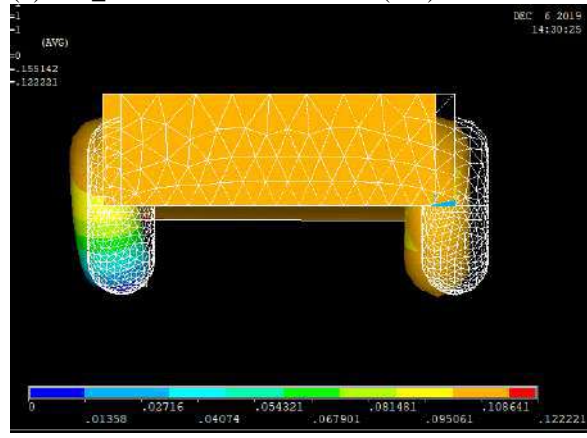
Şekil 6. Modelde yerdeğişimi sınır şartı δ_z ile uygulanan yanal yayılı yükün, yapıda oluşturduğu yapıda z eksenini boyunca oluşturduğu $w(z)_{max}$ sehim dağılımlarının M2 ve M5 malzemeleri için değişimi (FEA_M10, FEA_M11).

Şekil 7. de FEA_M10, FEA_M11 modellerinden elde edilmiş burkulma ve gerilme analizleri sonuçları karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Bu analizlerde FEA_M10 da M5 malzeme modeli, FEA_M11 de M2 malzeme modeli kullanılmıştır. FEA_M10 sağ lastikte burkulma mod 5 te global burkulma modu çok yaygın şekilde görülürken(Şekil 7a), FEA_M11 sağ lastikte burkulma mod 5 te global burkulma mod değerinin çok küçük bir bölgede oluştuğu görülmektedir(Şekil 7b). T9 yükleme çeşidine göre sağ tekerlek kısmında, y yönünde yerdeğişimi sınırlandırılmışken, sol tekerlekte her üç yönde de hareket sınırlandırması vardır. Şekil 7c ve Şekil 7d de, uygulanan maksimum deplasman $\delta=110$ mm iken tespit edilmiş $w(z)$ durumu gösterilmiştir. Karşılaştırma yaparsak, M2 malzemesinde oluşan yerdeğişimi dağılımında sağ tekerlek homojen olmayan bir deformasyon dağılımı göstermektedir ve ayrıca sağ tekerlek -y ekseninde kayarak ana gövde 2 de ek deformasyon oluşmasına neden olmuştur. M5 malzemesinde ise sağ tekerlek +z ekseninde yüzeye paralel deforme olurken, sol tekerlekte çarpılma tespit edilmiştir.



(a)FEA_M10 burkulma mod no:5 (M5)

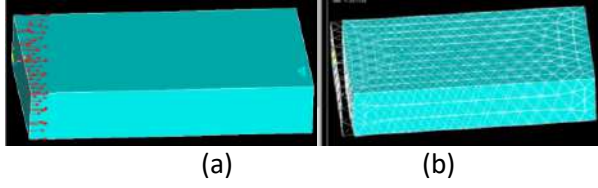
(b)FEA_M11 burkulma mod no:5 (M2)

(c)FEA_M10 $w(z)$ deplasman plastik malzeme tip_2 (M5), uygulanan maksimum deplasman $\delta=110$ mm(d) FEA_M11 $w(z)$ deplasman plastik malzeme tip_1 (M2), uygulanan maksimum deplasman $\delta=110$ mm

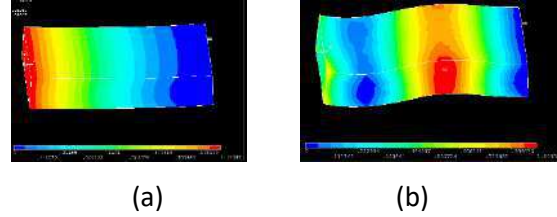
Şekil 7. Tablo 2 de belirtilen 4 numaralı yükleme çeşidine göre elde edilen analiz sonuçları; a) M5 malzemeye sahip lastik ve +z eksenli $\delta(z)=110$ mm yanal rigid yüzey sıkıştırma yüklemesi sonucunda elde edilen 5 numaralı moda ait burkulma deformasyonu. b) M2 malzemeye sahip lastik ve +z eksenli $\delta(z)=110$ mm yanal rigid yüzey sıkıştırma yüklemesi sonucunda elde edilen 5 numaralı moda ait burkulma deformasyonu. c) M5 malzemeye sahip lastik ve +z eksenli $\delta(z)=110$ mm yanal rigid yüzey sıkıştırma yüklemesi sonucunda elde edilen z eksenli maksimum deformasyon. d) M2 malzemeye sahip lastik ve +z eksenli $\delta(z)=110$ mm yanal rigid yüzey sıkıştırma yüklemesi sonucunda elde edilen z eksenli maksimum deformasyon dağılımı.

SEY sonuçlarını daha basit bir modelle karşılaştırarak genel bir sonuç elde etmek için, modellenen örnek taşıt modeli yerine eşdeğer hacimde saf çelik(M1) ve plastik(M2), (M5) malzemelerden oluşturulmuş dikdörtgen prizmatik şekiller burkulma yüklemesine bırakılmıştır. Bu şekilde kesit oranları 1/5 ve 1/3 olup kalın cidarlı katı model grubuna dahil olmaktadır. Elde edilen kritik burkulma yükleri sırasıyla çelik için $\lambda_1 = 8.7 N$, plastik malzeme Kevlarda kritik burkulma yük değeri $\lambda_1 = 5.5 N$ ve ikinci plastik malzeme Mooney-Rivlinde ise $\lambda_1 = 7.28(10^{-4})N$ dir. Aynı modellerde x yönünde elde edilen maksimum yerdeğiştirme miktarları $u_x = 6.947mm$, $u_x = 11.109mm$ ve $u_x = 100.146 \times 10^3mm$ dir. Bu karşılaştırmadan elde edilen sonuca göre, M5 plastik malzeme tek başına kullanıldığında

$P_{net-x}=65 \times 10^7 N$ yüklemesi sonucunda yerdeğişimi çözülmesi sonsuza gitmektedir. Kevlar malzemesi çaliğe göre 2 kat fazla esnemekte iken kritik yüklenme değerinin oranı ise 0.6311 dir.



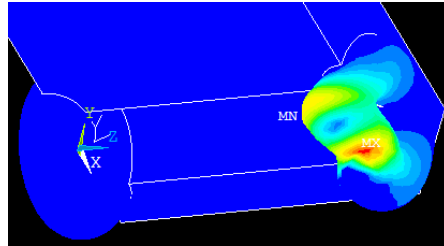
Şekil 8. Sabit-serbest sınır şartlarında, eşdeğer modelin gerilme analizi, a) x-ekseninde ağ noktalarından bası yüklemesi, b) x yönündeki maksimum yerdeğiştirme.



Şekil 9. Sabit-serbest sınır şartlarında, eşdeğer modelin burkulma analizi a) saf plastik Kevlar malzemesinden imal edilmiş dikdörtgen prizmanın birinci kritik burkulma şekli (λ_1), b) plastik Kevlar malzemesinin beşinci kritik burkulma şekli (λ_5).

Diğer sonuçlar aşağıda kısaca özetlenmiştir.

- 1) Tablo 5 ten görüldüğü üzere, FEA_M₈ modelinden von Mises maksimum gerilme $\sigma_{x_{max}} = 125E + 08$ değeri elde edilmiş, bu durumdaki kritik burkulma yükü $-4.852E-03 N$ değerindedir. Tablo 5 ve Tablo 6 karşılaştırıldığında, geometri üzerindeki akma gerilmesi arttığında, burkulma yüklerinin azaldığı tespit edilmiştir.
- 2) Geometrik yapı üzerinde oluşan, lokal ve global burkulma şekilleri açıkça şekillenmiştir. Lokal burkulma tespit edilen modeller, FEA_M₁, FEA_M₂, FEA_M₉ dur. Global burkulmaya tabi olan modeller ise FEA_M₃, FEA_M₄, FEA_M₅ ve FEA_M₆ dir.
- 3) FEA_M₅ metal-plastik modelinde geometrinin süreksiz bölgelerinde tanımlanan, farklı metaller ve plastik malzemedden Mooney-Rivlinin kullanılması nedeniyle, ayrıca sağ tekerleğin x ve z yönlerindeki hareketlerinin serbest bırakılmasından dolayı, ilk kritik burkulma şekli, sabit tutulan sol tekerlek üzerinde oluşmuş ve global burkulma modu göstermiştir. Benzer durum FEA_M₆ modelinde de görülmektedir.
- 4) Tekerlekleri sabitlenmeyip serbest bırakılmış olan ve üzerinde basınç yükü taşınmayan taşıt geometrisinden elde edilen burkulma analizi sonucunda, ilk 5 mod için tekerlek bölgesinde herhangi bir burkulma mod şekline rastlanmamışken, diğer bütün modellerde tekerlekler üzerinde burkulma görülmemiştir.
- 5) Sağ tekerlek üzerinde oluşan lokal burkulmaya örnek FEA_M₆ mod 5 te tespit edilmiştir(Şekil 10).



Şekil 10. Lokal burkulma şeklinin sağ tekerlekte oluşmuş hali FEA_M₆, mod 5

KAYNAKÇA

1. Huang Y., Li, X.F.,” *Buckling Analysis of Nonuniform and axially graded columns with varying flexural rigidity*”, J. Eng. Mech., 2011, 137(1): 73-81.
2. Rajasekaran, S., “*Instability of tapered thin-walled beams of genetic section*, *Journal of Engineering Mechanics*”, vol.120, No.8,1630-1640, 1994.
3. Dennis, S.T., Jones, K.W., “*Flexural-torsional vibration of a tapered C-section beam*”, *Journal of Sound and Vibration*”, 393, 401–414, 2017.
4. Kucukler, M., Gardner ,L., “*Design of laterally restrained web-tapered steel structures through a stiffness reduction method*”, *Journal of Constructional Steel Research*, 141, 63–76, 2018.
5. Saetiew, W., Chucheepsakul, S., “*Post-buckling of linearly tapered column made of nonlinear elastic materials obeying the generalized Ludwick constitutive law*”, *International Journal of Mechanical Sciences*, 65, 83–96, 2012.
6. Benyamina, A.B., Meftah, S.A., Mohri, F., Daya, E.M., “*Analytical solutions attempt for lateral torsional buckling of doubly symmetric web-tapered I-beams*”, *Engineering Structures*, 56, 1207–1219, 2013.
7. Osmani, A., Meftah, S.A., “*Lateral buckling of tapered thin walled bi-symmetric beams under combined axial and bending loads with shear deformations allowed*”, *Engineering Structures*, 165, 76–87, 2018.
8. Silvestre, N., Abambres, M., Camotim, D., “*Influence of the deformation mode nature on the 1st order post-yielding strength of thin-walled beams*”, *Thin-Walled Structures* 128 , 71–79, 2018.
9. Baranowski, P., Bogusz, P., Gotowicki, P., Małachowski, J., “*Assessment of mechanical properties of offroad vehicle tire: coupons testing and FE model development* “, *Acta Mechanica et Automatica*, vol.6, no.2, 17-22, 2012.
10. ANSYS, *Hyperelasticity, Structural Nonlinearities*, vol.6, Second Ed., Release 5.5, 1999.

TERMAL HAVA AKIMLARININ SABİT KANATLI HAVA ARAÇLARININ UÇUŞ SÜRESİ VE MENZİLİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**INVESTIGATION OF THE EFFECT OF THERMAL AIR FLOWS ON FLIGHT TIME AND RANGE OF FIXED WING AERIALS****Emin Tugay KEKEÇ**

Yüksek Lisans Öğrenci, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivil Havacılık ABD,
Kayseri, Türkiye, etugaykecec@gmail.com

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KONAR

Erciyes Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Uçak Elektrik-Elektronik
Bölümü, Kayseri, Türkiye, mkonar@erciyes.edu.tr

Doç. Dr. Tuğrul OKTAY

Erciyes Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Uçak Mühendisliği Bölümü,
Kayseri, Türkiye, tugruloktay52@gmail.com

ÖZET

Sportif hava araçları ve bazı yırtıcı kuşlar, herhangi bir enerji ve güç sistemi olmadan doğal taşıyıcılar sayesinde saatlerce havada kalmakta ve kilometrelerce uzağa gidebilmektedir. Bunlar göz önünde bulundurularak ve güneş ışınlarının yeri ısıtmasıyla oluşturduğu termal hava akımlarının kullanımı da dikkate alınarak, bu durumların sabit kanatlı İnsansız hava araçlarının (İHA) uçuş süresi ve menziline etkileri bu çalışmada incelenmiştir. Bunun için termaller, dalga kaldırıcılar gibi doğal taşıyıcılar kullanılarak ve bunlardan en optimum düzeyde faydalanılarak uçuş süresi ve menzil artırımının maksimum düzeye çıkarılması için ön çalışması yapılmıştır. Çalışmada öncelikle doğal taşıyıcıların tespiti gerçekleştirilmiştir. Doğal taşıyıcıların tespit edilmesiyle birlikte, elde edilen taşıma kuvvetinin nasıl kullanılacağı ve mesafe artırımının nasıl yapılacağı planlanması yapılmıştır. Çalışma sonucunda doğal taşıyıcılar kullanılarak İHA'ların havada kalış süresi ve menzilin arttırılması konusuna etki eden faktörlerin incelemesi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İHA uçuş süresi, Termallerin etkisi, İHA menzili, Doğal taşıyıcılar

ABSTRACT:

Sporty aircrafts and some birds of prey can stay in the air for hours and go miles away, thanks to natural carriers without any energy and power systems. In this case, the effects of these conditions on the flight time and range of fixed wing Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) have been examined in this study, considering the use of thermal air currents generated by solar heating of the ground. For this purpose, by using natural carriers such as thermals and wave lifters, they are pre-studied to maximize flight time and range increase by making optimum use of them. In the study, first of all, the determination of natural carriers was performed. With the determination of natural carriers, it was planned how to use the obtained lifting force and how to increase the distance. As a result of the study, the factors affecting the duration and range of the UAVs in the air were determined by using natural carriers.

Keywords: UAV flight time, Effect of thermals, UAV range, Natural carriers

GİRİŞ

Termal hava akımları, uçan cisimler üzerinde herhangi bir güç sistemi olmaksızın uzun süre havada kalış ve belirli mesafelerde uçuş gerçekleştirmek için kullanılabilir. Çok hafif hava araçlarından yamaç paraşütleri, planörler, yelken kanatlar başta olmak üzere birçok hava aracı herhangi bir itki olmaksızın saatlerce uçabilmekte ve kilometrelerce uzaklara uçuş gerçekleştirebilmektedir. Temelinde güneş ışınlarının enerjisi olan termal hava akımları yeryüzünden belirli dalgalar halinde yükselmektedir. Termaller sportif havacılıkta tecrübeler ve bilgi ile tahmin edilebilmekte ve enerjisi kullanılabilir [1-3].

İnsansız hava araçları kabiliyetleri ve görev çeşitlilikleri sayesinde günümüzde pek çok dünya ülkeleri tarafından kullanılması hem askeri hem sivil havacılıkta mecburi konuma gelmiştir. Bununla birlikte, insansız hava araçlarının günümüzde yaşadığı problemlerin en başında uçuş süreleri ile birlikte hiç şüphesiz menzillerinin yetersiz olması gelmektedir [4].

Bu yetersizlik göz önüne alınarak, çalışmada doğal enerji kaynaklarından olan güneş enerjisinin yeryüzüne bıraktığı etki ile oluşan termal hava akımlarını kullanarak İHA'ların uçuş süresi ve menzilde yaptığı etki incelenmiştir. Termal hava akımlarının, İHA'ların uçuş süresine ve menzile etkisinin matematiksel ifadeleri verilmiştir. Bu ifadelerle uçuş süresi ve menzili etkileyen faktörler gözlemlenmiştir [5-9].

İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI

İHA'ları, uzaktan kontrol veya otonom şekilde ve herhangi bir operatöre ihtiyaç duymadan havada kalabilen hava araçlarıdır. İçerisinde bir insan bulunmaması nedeniyle insan vücudunun dayanamayacağı manevra, irtifa ve uçuş sürelerini İHA'lar rahatlıkla yapabilmektedir. İHA'lar sayesinde can kaybı ve gereksiz kokpit maliyetlerinin önüne geçilebilmiştir. Bu sebeple İHA'ların dünyada kullanımı ve geliştirilmesi büyük bir ivme ile devam etmektedir [10].

İHA'ların kabiliyetleri ve görev çeşitlilikleri sayesinde günümüzde pek çok dünya ülkeleri tarafından kullanılması hem askeri hem sivil havacılıkta mecburi konuma gelmiştir. İHA'ları, insanlı uçaklara göre bu kadar önemli kılan özellikler ise maliyetleri, görev kabiliyetleri ve pilotların hayati tehlikelerinin olmaması verilebilir. Pek çok farklı boyutlarda İHA'lar istenilen görev gereksinimine göre sabit kanatlı ya da döner kanatlı olarak tasarlanabilmekte ve test aşamalarından sonra uygulanabilmektedir.

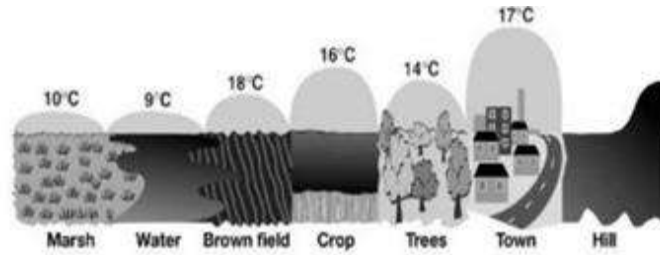
İHA'lar hakkında çok farklı parametrelerin iyileştirilmesi, gerekirse yeniden tasarlanması üzerine çalışmalar yapılmıştır. Menzilin ve uçuş süresinin artırılması üzerine yapılan çalışmalar, aerodinamik tasarım, itki sistemi tasarımı, değişik güç sistemlerinin kullanılması, yüksek verimli bataryaların kullanılması, otonom sistem tasarımı gibi konularda iyileştirmeler yapılmıştır [4,9,10-12].

TERMAL HAVA AKIMLARI

Termal hava akımları, yeryüzünden atmosferin üst seviyelerine doğru yükselmektedir. Bu durum esnasında, yer yüzeyinin hemen üzerindeki sıcak hava dalgası genişler ve etrafındaki hava akımına göre daha az yoğun hale gelir. Daha az yoğun olan sıcak hava akımı yükselmeye başlar ve yükseldikçe alçak basınç altında sıcak hava akımı genişlemeye maruz kalır ve belirli bir irtifadan sonra etrafını çevreleyen hava akımı ile aynı sıcaklığa ulaştıkça yükselmeyi durdurur. Su ve yeşil alanların olduğu bölgelerde güneş ışınları absorbe olacağı

için termaller genellikle oluşmazlar ya da çok az oluşur. Ancak bir evin çatısı ya da yollar güneş ışınları tarafından çabuk ısınabileceği için bu yüzeyler üzerinde güçlü termal aktiviteler oluşur (Şekil 1) [13-14].

Güçlü termal aktivitelerin oluşması için kararsız hava şartlarının oluşması gerekir. Kararsızlığı oluşturan koşullardan bazıları, yeryüzündeki sıcak hava adveksiyonu, yukarılarda ise soğuk hava adveksiyonu ile birlikte nemde oluşacak kısmi artışlar bu koşullardandır. Temelde güçlü termal aktivitelerine ulaşabilmek için iki koşul vardır. İlk koşul etrafındaki yeryüzü nesnelere göre daha fazla ısınma kabiliyetine sahip yer yüzeyi, ikinci koşul ise bu yer yüzeyi üzerinde kalan hava kütesinin yeterli süre için bu yüzeyin üzerinde bulunması gerekir. Ne kadar çok zamanda bu yüzey üzerinde kalırsa hava kütesi o kadar çok ısınabilecek ve daha güçlü termal taşıma etkisi oluşacaktır [5].



Şekil 1. Termal kaynakların sıcaklık farkları

Termal aktivite içerisindeki hava kütesi kararsız olan atmosfer tabakası boyunca hareket edebilir ya da inversiyon tabakası ile karşılaşınca kadar devam edebilir. Bazen güçlü termal aktiviteler inversiyon tabakasını delerek içerisindeki hava kütesini daha yüksek noktalara çıkarabilmektedir.

Termal aktivitenin olduğu bölgelerin tespit edilmesinde, işaretler, kaynaklar ve tetikleyiciler olarak bilinen üç temel husus vardır. İlkbahar ve yaz ayları genelde termal aktivitelerin en uygun ve tırmanma oranlarının en iyi olduğu zaman dilimleridir. Termal aktiviteler ortalama olarak 1-10 m/s hız ile atmosferde dikey hareketler oluşturmaktadır. Buradaki değişken hız daha öncede bahsettiğimiz gibi, yeryüzündeki nesnenin güneşten ne kadar faydalandığı ve etrafındaki hava kütesini ne kadar çabuk ısıtabildiği ile doğru orantılıdır [13,15].

TERMAL HAVA AKIMLARININ UÇUŞ SÜRESİ VE MENZİLE ETKİSİ

Termal hava akımları, güneş ışınlarının yeryüzünü ısıtmasıyla meydana gelen kaldırıcı hava akımlarıdır. Isınan havanın kolon şeklinde yükselir ve bu kolonun merkezinde taşıma gücü en üst seviyededir. Taşıma gücünün en üst seviyede olduğu bu noktaya termal hava akımının çekirdeği olarak ifade edilmektedir. Eşitlik 1'de (x,y) pozisyonundaki taşıma kuvvetinin matematiksel ifadesi verilmiştir.

$$w(x, y) = W^{th} \exp \left(-\frac{(x - x^{th})^2 + (y - y^{th})^2}{R^{th2}} \right) \quad (1)$$

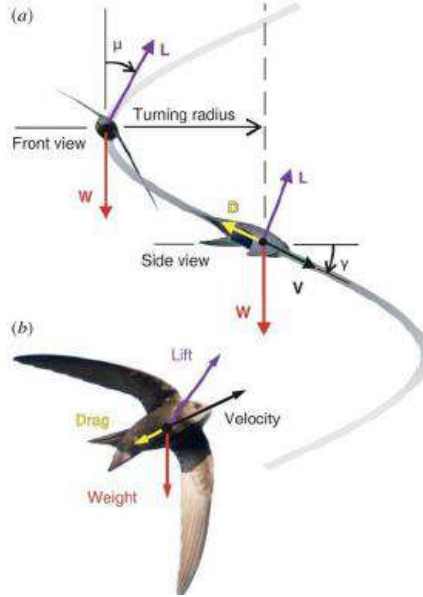
Burada, W^{th} , termalin yatay enine alınan kesitine göre çekirdekteki dikey hava hızını m/s olarak ifadesidir. x^{th} ve y^{th} , çekirdeğin konumunu, x ve y termalin herhangi bir noktasındaki koordinatlarını göstermektedir. Ayrıca R^{th} ise termalin yarıçapını ifade etmektedir [5].

Şekil 2'de termal aktivite içerisinde gerekli olan dönüş yarıçapı ve hangi hücum açısıyla dönmesi gerektiği gösterilmektedir. Burada γ ; hava aracının hücum açısını, μ ; yatış açısını, L ;

taşıma kuvvetini, W ; ağırlığını ve D ise sürüklenme kuvvetini ifade edilmektedir. Aşağıdaki Eşitlik 2’de ideal dönüş için gerekli yarıçapın matematiksel ifadesi verilmiştir [13].

$$r = \frac{W}{S} \frac{2 \cos^2(\gamma)}{\rho g \sin(\mu) C_l} \quad (2)$$

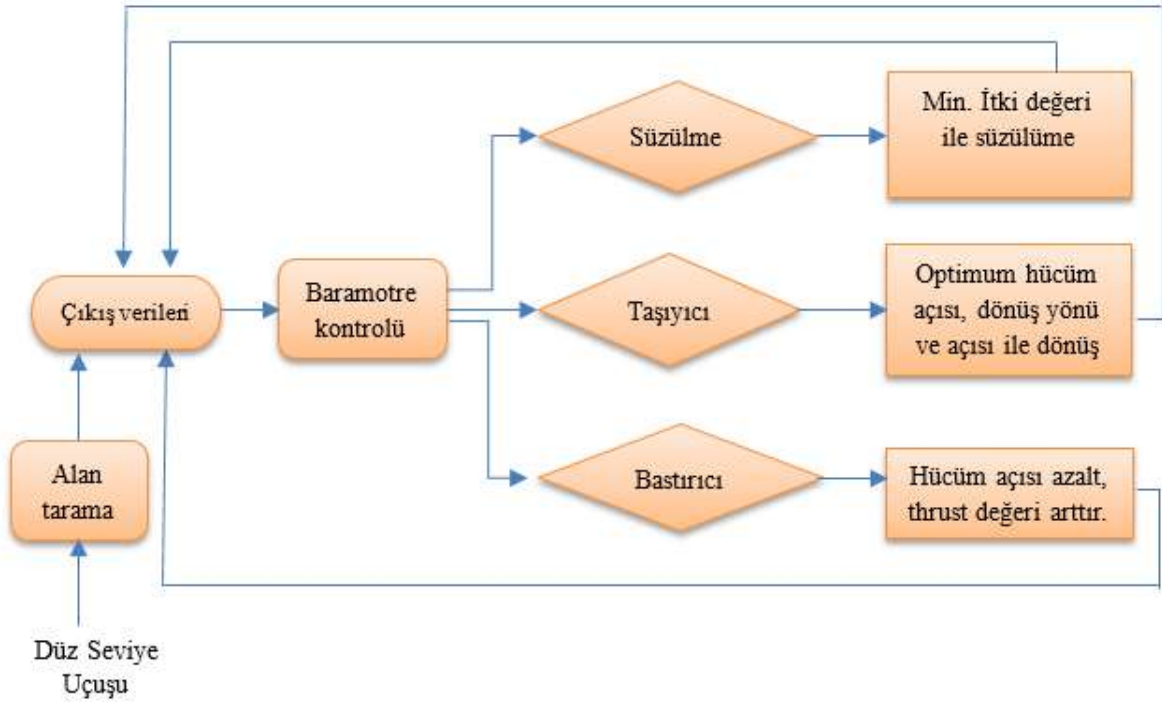
Eşitlik 2’de, r ; dönüş yarıçapı, S ; kanat alanı, ρ ; hava yoğunluğu, g ; yerçekimi ivmesi ve C_l taşıma kuvvetinin katsayısını vermektedir [13].



Şekil 2. (a) Termal aktivite içerisinde dönüş yarıçapı ve hücum açısının gösterimi
(b) Temel kuvvetlerin gösterimi

İHA’lar doğal taşıyıcılara maruz kaldığı esnada irtifası artmaktadır. Bu süreç, İHA’lar üzerinde bulunan varyometre yardımıyla doğal taşıyıcı tespiti yapılabilmektedir. Doğal taşıyıcıların tespit edilmesiyle birlikte, elde edilen taşıma kuvveti Eşitlik 1 ve 2 kullanılarak maksimum irtifa artırımı yapılarak daha fazla havada kalması ve daha uzun menzile ulaşması sağlanabilir.

Oto pilot sistemleri, istenilen uçuş güzergâhlarında İHA’ların uçuşlarını gerçekleştirmeye yardımcı olabilmektedirler. Bu sistemler, bütün uçuş kayıtlarını ve uçuş boyunca sensör verilerini içerisinde harici olarak takılabilen SD karta kayıt imkanı sağlamaktadırlar. Bu kayıtlar daha sonra incelenebilecek ve bu incelemeler neticesinde hava aracında ve yazılımda geliştirilmeler yapılabilecektir. Bu oto pilotlar (pixhawk gibi) açık kaynak kodlu ve harici bağlanabilen sensörleri de desteklemektedir. Bu özelliklerinde dolayı termal hava akımlarının tespitinde oto pilot sistemleri kullanılabilir. Şekil 3’de termal aktivitenin tespiti için blok diyagramı verilmiştir. Bu blok diyagram ışığında oto pilot sistemi vasıtasıyla termal aktivite belirlenebilecektir. Belirlenen termal aktivite seviyesine bağlı olarak, süzülme, taşıyıcı ve batırıcı olarak planlanan üç durumdan biri seçilerek gerekli komutlar verilebilecektir. Bu sayede, termal hava akımları kullanılarak sabit kanatlı hava araçlarının uçuş süresi ve menzilin artırımı gerçekleştirilebilecektir.



Şekil 3. Termal aktivitenin tespiti için blok diyagram

Bu çalışmada, termal hava akımlarının kullanımı da dikkate alınarak, İHA'ların uçuş süresi ve menziline etkileri incelenmiştir. Termal hava akımlarının en optimum düzeyde faydalanmak için, gerekli eşitlikler verilmiştir. Ayrıca, doğal taşıyıcıların tespiti ile İHA'nın oto pilot kontrolünün nasıl gerçekleştirilebileceği sunulmuştur. Gelecek çalışmalarda, yapılan ön tasarımın uygulamaya aktarılması planlanmaktadır.

SONUÇ

İHA'ların düz uçuşu esnasında termal hava akımlarının tespiti ve bu hava akımları içerisinde geçirilecek zaman ile birlikte herhangi bir mekanik enerji harcanmadan uçuş süresi ve menzilde bir artış sağlanabilmektedir. İHA'nın havada kalış süresi ve termal hava akımları içerisinde yaptığı manevralar ele alındığında, doğru pozisyon ile termalin boyutuna ve gücüne bağlı olarak maksimum verim sağlanabilmektedir.

Termal içerisinde hava araçlarının ya da yırtıcı kuşların en verimli şekilde uçmalarını sağlayan parametreler Eşitlik 1 ve 2'de verilmiştir. Tasarım süreçlerinde bu parametrelerin dikkate alınması büyük önem arz etmektedir. Bununla birlikte, bulunan termalin merkezine ne kadar yakın uçuş gerçekleştirilirse elde edilecek taşıma kuvveti o büyük olacağı gerçeğine de dikkat edilmesi gerekir.

Ayrıca, çalışmada önerilen termal hava akımlarının tespiti ile oto pilotun hava aracını yönlendirmesiyle sonucunda uçuş süresinin ve menzilin artırımı sağlanabileceği söylenebilir.

KAYNAKÇA

- [1] Lawrance, N. R. J., Acevedo, J. J., Chung, J. J., Nguyen, J. L., Wilson, D., and Sukkarieh, S., 2014, Long endurance autonomous flight for unmanned aerial vehicles.
- [2] Traub, L. W., 2011, Range and endurance estimates for battery-powered aircraft. Journal of Aircraft, 48(2), 703-707.
- [3] Bento, M. D. F., 2008, Unmanned aerial vehicles: an overview. Inside GNSS, 3(1), 54-61.

- [4] Akyürek, S., Yılmaz, M. A., ve Taşkiran, M., 2012, İnsansız hava araçları muharebe alanında ve terörle mücadelede devrimsel dönüşüm. BİLGESAM, Bilge Adamlar Stratejik Araştırmalar Merkezi, Rapor, (53), 1-57.
- [5] Tabor, S., Guilliard, I., and Kolobov, A., 2018, ArduSoar: an Open-Source Thermalling Controller for Resource-Constrained Autopilots. In 2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), 6255-6262
- [6] Lawrence, D., and Mohseni, K., 2005, Efficiency analysis for long duration electric MAVs. In Infotech@ Aerospace Conferences, Arlington, Virginia.
- [7] Kagabo, Wilson B., and Jason R. Kolodziej, 2011, Trajectory determination for energy efficient autonomous soaring, Proceedings of the 2011 American Control Conference. IEEE.
- [8] Bouhoubeiny, E., Berard, E., Bronz, M., Gavrilovic., N., and Bonnin, V., 2016, Optimal Design of Long Endurance Mini UAVs for Atmospheric Measurement, Applied Aerodynamics Conference Bristol, UK
- [9] Austin R., 2010, Unmanned Aircraft Systems. Wiley
- [10] Konar, M., 2018, Determination of UAVs thrust system parameters by artificial bee colony algorithm. ICENS 4th International Conference on Engineering and Natural Science, Kiev, Ukraine.
- [11] Macheret, J., Teichman, J. and Kraig, R., 2011, Conceptual design of low-signature high endurance hybrid-electric UAV, Institute for Defense Analyses.
- [12] Gur, O., and Rosen, A., 2009, Optimizing electric propulsion systems for unmanned aerial vehicles, Journal of Aircraft, Vol. 46, No. 4.
- [13] Ákos, Zsuzsa, et al., 2010, Thermal soaring flight of birds and unmanned aerial vehicles. Bioinspiration & biomimetics 5.4:045003.
- [14] Zhu, B. J., Hou, Z. X., and Ouyang, H. J., 2017, Trajectory optimization of unmanned aerial vehicle in dynamic soaring. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: Journal of Aerospace Engineering, 231(10), 1779-1793.
- [15] Edwards, D. J., 2015, Autonomous Locator of Thermals (ALOFT) autonomous soaring algorithm, Naval Research Lab Washington DC.
- [16] Elkhedim, B., Benard, E., Bronz, M., Gavrilovic, N., and Bonnin, V., 2016, Optimal design of long endurance mini UAVs for atmospheric measurement. Applied Aerodynamics Conference, Bristol, United Kingdom.

ELEKTROHİDROLİK TAHRİKLİ MALZEME TEST MAKİNALARININ TASARIMI

Doç. Dr. İlhami YİĞİT

Yozgat Bozok Üniversitesi, ilhami.yigit@bozok.edu.tr

ÖZET

Açık kaynaklarda elektrohidrolik tahrikli hassas malzeme test makinalarının tasarımı üzerine tecrübeye dayalı, derli toplu ve özlü bir kaynağa rastlanılmamıştır. Bu bildiri ile bu alanda çalışmalar yapmakta veya yapacak olan gerek akademisyenler gerekse endüstrideki diğer teknik elemanlar için faydalı olabilecek özlü bir kaynağın oluşturulması hedeflenmektedir. Bildiride, bu tür makinaların, tasarımında hassasiyet açısından dikkate alınması gereken hususlar ayrı ayrı başlıklar halinde hem teorik hem de pratik açıdan ele alınmaktadır. Söz konusu hususların halen kullanılmakta olan bir kısım elektrohidrolik tahrikli malzeme test makinalarının geliştirilmesi sırasında ne şekilde dikkate alındığı ve sonuçlara nasıl olumlu yansıdığı gerçek test sonuçları grafikler halinde verilerek vurgulanmaktadır. Bildiride konu ile ilgili en önemli görülen hususlara değinmekle yetinilmekte, hassas makina geliştirilmesinde teorik ve pratik çalışmanın eniyileme yapılarak dengeli bir şekilde yürütülmesi gerektiğine dikkat çekilip önerilerde bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Malzeme test makinaları, Elektrohidrolik kontrol, Hassas servo sistem

1. GİRİŞ

Çok yüksek kuvvetlerin gerektirdiği yerlerde olduğu gibi malzeme deney makinalarında da doğrudan hidrolik tahrikli olarak tasarım tercih edilmekte, böylece ara hareket aktarım elemanlarındaki verim ve hassasiyet kaybı, ilave hacim ve maliyet, vb. dezavantajlardan kaçınılmaktadır [Ercan, 1995]. Çoğu malzeme mekanik testlerinin standartlara göre statik olması zorunluluğu ve servovalfler kullanılarak sonsuz küçük aralıklarla hız kontrolünün kolaylığı hidrolik tahriği daha da tercih edilir hale getirmektedir. Ancak, yağın sıkıştırılabilirliği, sızıntı, makina gövdesindeki esnemeler, elektronik gürültü, uygunsuz algılayıcılar, uygunsuz yazılım algoritmaları ve kontrol türü gibi hassasiyeti azaltıcı sıkıntıların aşılabilmesi için hassas hidrolik tahrikli test makinalarının tasarımı, imalatı ve devreye alınmasında çok sayıda detaylara ve inceliklere dikkat edilmesi gerekmektedir.

Açık literatürde, akışkan gücü kontrolü ile ilgili çok sayıda eserde birçok hususa değinilmekle birlikte, spesifik olarak elektrohidrolik tahrikli hassas malzeme test makinalarının geliştirilmesi üzerine tecrübeye dayalı, derli toplu ve özlü bir kaynağa rastlanılmamıştır. Bu bildiride, bu tür makinaların, tasarımı, imalatı, elektronik arayüzü, yazılımı, servo kontrolü, vb. konularda dikkate alınması gereken hususlar ayrı ayrı başlıklar halinde detaylı olarak ele

alınmaktadır. Halen kullanılmakta olan bir kısım elektrohidrolik tahrikli malzeme test makinalarının geliştirilmesi sürecinde sözkonusu hususların ne şekilde dikkate alındığı akademik açıdan ele alınmaktadır.

Bildiride önceden geliştirilmiş ve halen kullanılmakta olan üç ayrı elektrohidrolik tahrikli test makinası üzerinden dikkat edilecek hususlar ayrı ayrı başlıklar halinde ele alınmakta, yer yer şekiller ve gerçek test sonuçları ile desteklenmektedir. Bu test makinaları, beton eğilme deneyi makinası (concrete flexural testing machine) [Yiğit vd. 2005], çekme deneyi makinası (tensile testing machine) [Yiğit vd. 2005] ve beton basma deneyi makinalarıdır (concrete compression testing machine) [Yiğit, 2010]. Bu makinaların mekanik, elektrohidrolik, servo kontrol, elektronik arayüz, kontrol yazılımı tasarımları, benzetimleri ve gerçekleştirilmesi tamamen tek elden çıkmış olup topluca bir tecrübe sözkonusudur. Bu durum, kaliteli, hassas ve özdeş testler yapabilecek bir sistemin bütününe dinamiğine dikkat etme açısından önemli bir avantajdır. Konunun ele alınış şekli ise tamamen sistemler yaklaşımı prensibine göredir.

Bildiride konu ile ilgili en önemli görülen hususlara değinmekle yetinilmekte, söz konusu hususlara dikkat etmenin sonuçlara nasıl olumlu yansıdığı gerçek test sonuçları grafikler halinde verilerek vurgulanmakta, hassas makina geliştirmede teorik ve pratik çalışmanın eniyileme yapılarak dengeli bir şekilde yürütülmesi gerektiğine dikkat çekilip önerilerde bulunmaktadır.

2. MALZEME TEST MAKİNALARI

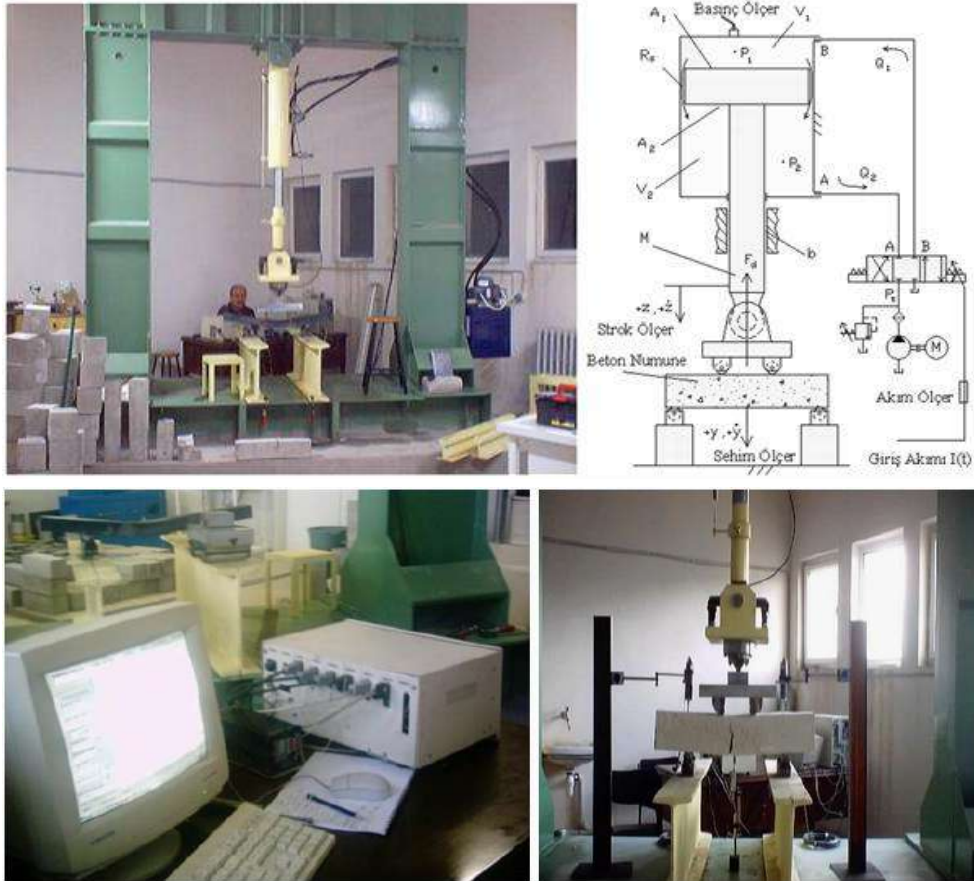
Malzemelerin mekanik testlerini yapmak için tasarımılanan elektrohidrolik tahrikli makinalar aşağıdaki ana kısımlardan oluşmaktadır.

- a) Makina ana gövdesi (*kuvveti hapseden, zeminden izole eden kısım*)
- b) Test aparatları (*testin gerçekleştiği numune ile tahrik elemanı etkileşim kısmı*)
- c) Hidrolik silindir (*gerekli test kuvvetini sağlayan hidrolik tahrik elemanı*)
- d) Hidrolik servovalf (*en önemli akışkan gücünü kontrol elemanı*)
- e) Hidrolik güç ünitesi (*yağa depoluk eden, soğutan, kirliliğini bıraktığı kısım*)
- f) Kontrol bilgisayarı (*yazılımının koşturulduğu, verilerinin kaydedildiği ortam*)
- g) Kontrol yazılımı (*görsel yazılım, makine-insan arayüzü*)
- h) Elektronik arayüz (*veri toplama ve kontrol kartları, kontrol elektroniği*)
- i) Algılayıcılar (*kontrol değişkeni veya diğer gerekli değişkenleri ölçen sensörler*)

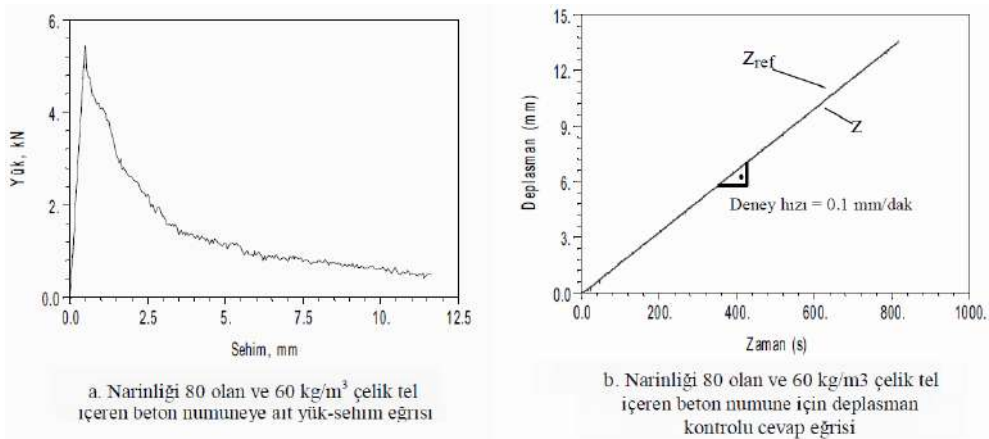
Yukarıda anılan kısımları içeren önceden geliştirilmiş ve halen kullanılmakta olan üç ayrı elektrohidrolik tahrikli test makinası üzerinden dikkat edilecek hususlar ayrı ayrı başlıklar halinde aşağıda verilmektedir.

2.1. Beton Eğilme Deneyi Makinası

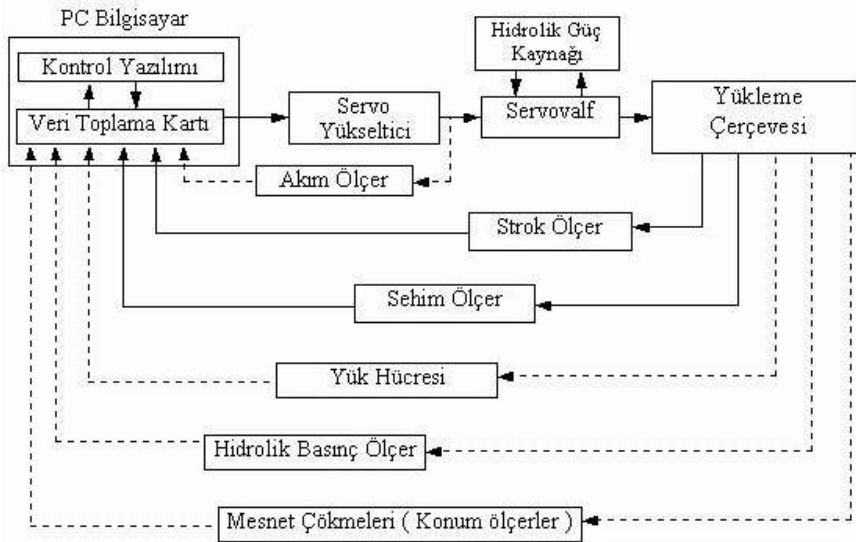
Beton deneylerinin sehim hızı kontrollü bir test makinasında yapılması, özellikle depreme dayanıklı beton geliştirme çalışmalarında sünekliğin ve tokluğun hassas bir şekilde belirlenebilmesi açısından kaçınılmaz hale gelmiş bulunmaktadır [Yiğit vd. 2005]. Buna bağlı olarak, bilgisayar kontrollü, elektrohidrolik tahrikli bir beton eğilme deney makinası (yükleme çerçevesi) (Şekil 1) tasarımlanmış, imal edilmiş ve gerekli denemeleri (Şekil 2) yapılmıştır.



Şekil 1. Beton eğilme deneyi makinası resimleri ve fiziksel modeli [Yiğit vd. 2005]
(Yozgat Bozok Üniversitesi İnş Müh. Bl. Yapı Malzemeleri Lab.)



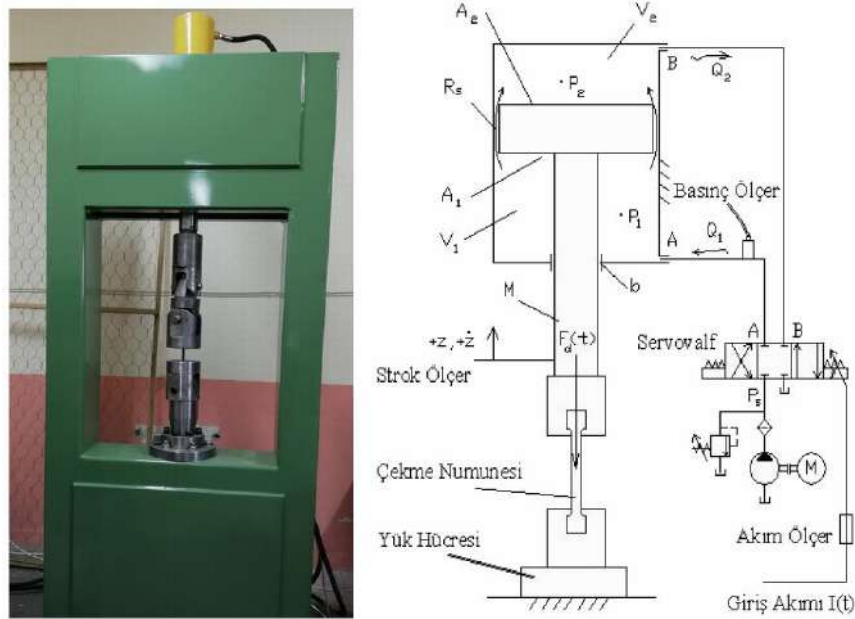
Şekil 2. Beton eğilme deneyi makinası ile yapılmış bir gerçek test sonucu [Yiğit vd. 2005]



Şekil 3. Beton eğilme deneyi makinası kontrol sistemi blok diagramı [Yiğit vd. 2005]

2.2. Çekme Deneyi Makinası

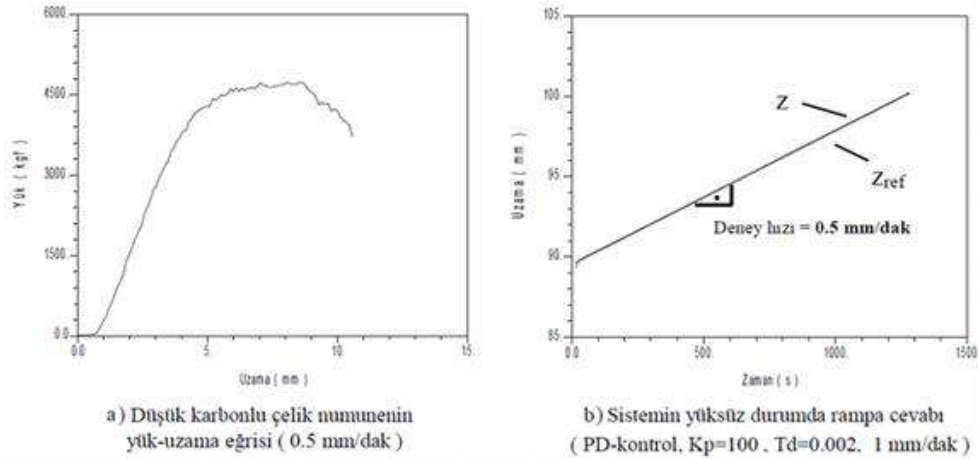
Çekme deneyinin test edilen malzemeye uygun sabit bir hızda gerçekleştirilmesi deneyin kalitesi açısından önemlidir. Test numunesinin deney boyunca çekme işlemine direnci sürekli değişeceğinden hız kontrolsüz bir makina ile sabit deney hızının tutturulması neredeyse imkansızdır. Buradan yola çıkarak, çekme deneyleri için bilgisayar kontrollü, elektro-hidrolik tahrikli bir çekme deneyi makinası (Şekil 4) tasarlanmıştır, imal edilmiş ve gerekli denemeleri yapılmıştır (Şekil 5) [Yiğit vd. 2005].



Şekil 4. Çekme deneyi makinası ve fiziksel modeli [Yiğit vd. 2005]

(Yozgat Bozok Üniversitesi Makina Müh. Bl. Hidrolik ve Pnö. Lab.)

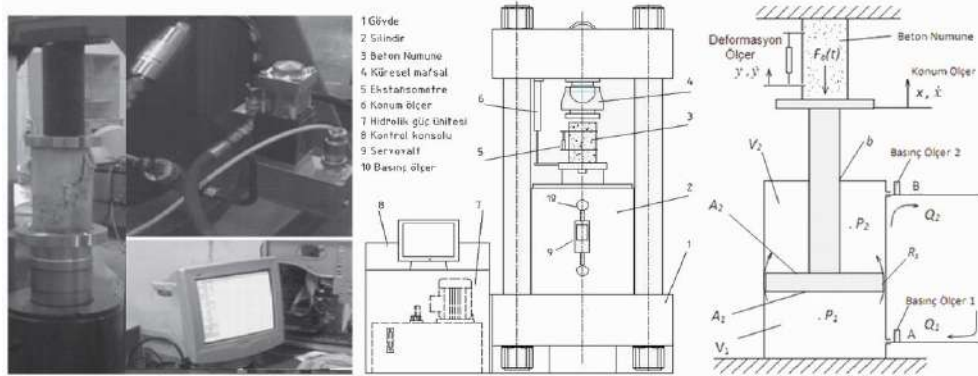
(Açık literatürde rastlanılan ilk yerli servo kontrollü çekme deneyi makinası)



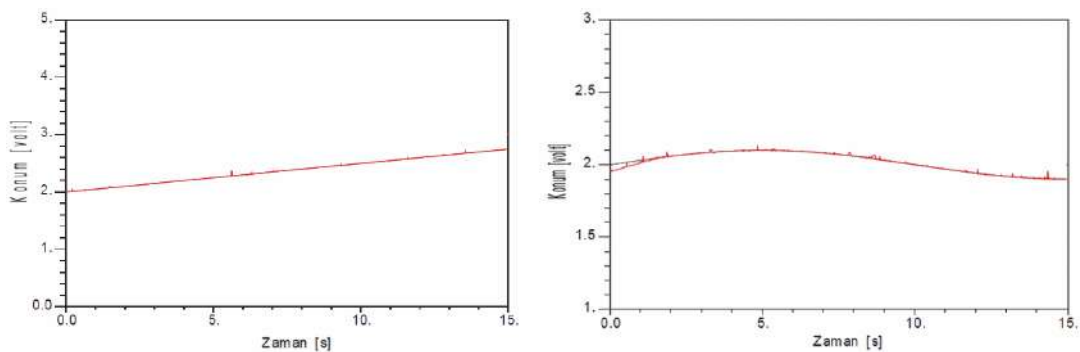
Şekil 5. Çekme deneyi makinası ile yapılmış bir gerçek test sonucu [Yiğit vd. 2005]

2.3. Beton Basma Deneyi Makinası

Beton deneylerinin deformasyon hızı kontrollü bir test makinasında yapılması, özellikle depreme dayanıklı beton geliştirme çalışmalarında sünekliğin ve tokluğun hassas bir şekilde belirlenebilmesi açısından kaçınılmaz hale gelmiş bulunmaktadır. Buna bağlı olarak, beton deneyleri için bilgisayar kontrollü, elektrohidrolik tahrikli bir beton eğilme deney makinası prototipi (Şekil 6) tasarlanmıştır, imal edilmiştir (Şekil 7) [Yiğit, 2005].



Şekil 6. Beton basma deneyi makinası (120 t prototip \rightarrow 500 t tasarım \rightarrow fiziksel model)
(Yozgat Bozok Üniversitesi Makina Müh. Bl. Hidrolik ve Pnömatik Laboratuvarı) [Yiğit, 2005]



Şekil 7. 120 tonluk basma deneyi prototipinin konum kontrolü cevap eğrileri [Yiğit, 2005]

3. HASSAS TEST MAKİNASI TASARIMINDA ÖNEMLİ HUSUSLAR

Elektrohidrolik tahrikli hassas malzeme test makinalarının, tasarımında dikkate alınması gereken hususlar yukarıda özellikleri verilen üç test makinasına uygulanmış olup ayrı ayrı başlıklar halinde detaylı olarak aşağıda ele alınmaktadır.

3.1. Makinanın Ana Gövdesi

Kuvveti hapseden ve zeminden izole eden kısım olup makinanın hassasiyeti üzerinde çok önemli etkilere sahiptir.

Gövdeye ait konstrüktif yapının yay (esneme) özelliğine dikkat edilmelidir. Gövdeye ait kısımların uzama, kısalması veya sehimi makinanın hassasiyet değerinin yeterince altında kabul edilebilir düzeyde olmalıdır. Bunu sağlamak için gövdenin geometrik tasarımı, kesit alanları, kullanılan malzeme uygun seçilmeli, karmaşık durumlarda gerilme dağılımı elde edilecek şekilde benzetimler yapılmalıdır.

Gövdenin titreşim durumuna dikkat edilmeli, özellikler dalgalı yük ile çalışan test makinalarında, gövdenin doğal frekansı çalışma test frekanslarının yeterince uzağında olacak şekilde tasarıma gidilmelidir.

Gövde ile ilgili çok dikkat edilmesi gereken hususlardan biri de hareketli kısımlar için yataklama sistemleridir. Yataklama elemanlarının tek parça hassas olmasının yanısıra, montajlarının da toleranslı olmasına özen gösterilmesi zorunludur.

Gövde üzerinde yeterince hassasiyete dikkat edilmediği takdirde, malumdur ki, çok kaliteli bir elektronik, yazılım ve kontrol sistemi kullanılsa da istenilen hassasiyet asla elde edilemez; bunun için herşeyden önce makinanın gövdesi istenilen hassasiyete uygun olmalıdır.

3.2. Test Aparatları

Testin uygulandığı numune ile tahrik elemanının etkileşim kısmı olup herşeyden önce testle ilgili standartlara uygun tasarlanmalıdır veya olmalıdır. Konstrüktif yapının yay özelliğine dikkat edilmeli, uzama, kısalma veya sehimi makinanın hassasiyet değerinin yeterince altında kabul edilebilir düzeyde olmalıdır. Numune üzerine gelen kuvvetlerin numune ile eş doğrultuda veya numune yüzeyine normal doğrultuda uygulanabilmesi için toleranslı imalata ve mafsal bağlantı şekillerine, boşluksuz temas durumlarına dikkat edilmelidir. Yorulma test makinalarında aparatların yorulma dayanımı da göz önünde bulundurulmalıdır.

3.3. Hidrolik Silindir

Akışkan enerjisini ötelemeli mekanik enerjiye dönüştürerek test için gerekli kuvveti sağlayan hidrolik tahrik elemanıdır. Hassasiyeti olumsuz etkileyebilecek önemli parametreler yağın sıkıştırılabilirliği, silindirden iç veya dış sızıntı ve silindir gövdesi ile piston milindeki yay özelliğidir [Ercan, 1995]; ayrıca mafsal bağlantılarındaki boşluklar da etkilidir. Yağın Bulk modülü haricinde, yağdaki hava kabarcıkları ve esneyen geometrik yapının da hesaba katıldığı efektif Bulk modülü değerinin yüksek tutulması gereklidir [Ercan,1995; Batu,2003; Jelali,2003]. Bunun için silindir gövdesinin basınç altında fiçilaşma davranışını ihmal edilecek düzeye indirebilecek ve aynı zamanda yağın köpürmesini engelleyecek konstrüktif tedbirler alınmalıdır. Basınç altındaki silindir içi yağ hacminin testler için yetecek kadar küçük olması önemlidir. Hortum veya boru içi hacimlerle birlikte basınca maruz yağ hacmi küçük, efektif Bulk modülü ise büyük tutularak akışkan kapasitans değeri en aza indirilmek suretiyle hassasiyet artırılmış olacaktır. Silindir piston arası çift yönlü keçe sistemi servo uygulamalar için önemlidir. Hassasiyet açısından piston milinin boyu testlere yetecek kadar kısa, çapı ise yeterince büyük tutulmalı, böylece milde uzama/kısalma test hassasiyetinin yeterince altında kalmış olur. Böylece burkulmaya fırsat verilmemiş ve ayrıca milin yay davranışı testi etkilemeyecek düzeye indirilmiş olur.

3.4. Hidrolik servovalf veya kartuş valfler

Basıçlı yağın yönünü ve debisini aynı anda ayarlayabilen en önemli akışkan gücü kontrol elemanlarıdır [Ercan,1995; Batu,2003]. Kontroller genelde servovalf ile yapılmakla birlikte, servovalf yerine düşük maliyet veya çok az gecikme istenilen bazı durumlarda, gecikmesi çok az kartuş valfler kullanılarak ve yüksek frekanslı sinyaller uygulayarak kontroller de yapılabilmektedir. Servovalfin veya kartuş valflerin gecikmesinin düşük, frekans bandının geniş ve anma debisinin azami test hızını karşılayacak kadar olması hassas kontroller için çok önemlidir. Kartuş valflerle kontrollerde yağın çok iyi soğutulması gerekmektedir.

3.5. Hidrolik güç ünitesi

Yağa depoluk eden, yağı soğutan, yağın kirliliğın bıraktığı kısımdır. Hassasiyeti üç açıdan etkiler. Efektif Bulk modülünü yüksek tutabilmek için yağın köpürmesini ve içinde hava kabarcıkları oluşmasını engelleyecek şekilde bir rezervuar tasarımı gereklidir. Ayrıca, yağ iyi soğutulmazsa yağlayıcılık özelliği zayıflar ve ısındığı için de viskozitesi azalır, incelir. Bu durumlar sürtünme davranışının bozulmasına ve sızıntının artmasına neden olur.

Yağ kirlerini yeterince bırakamazsa, her ne kadar filtreleme yapılsa da uzun süreçte mil teşekkülüne neden olarak valf gövdesi ile sürgü arası hassas toleransı, dolayısıyla simetrik

sürgü hareketini bozar; valf içi akışkan kuvvetlerinin düzensiz hale gelmesine ve tutuk hareketlere neden olur.

3.6. Kontrol bilgisayarı

Yazılımının koşturulduğu, test verilerinin kaydedildiği makine-insan arayüzünü oluşturan ortamdır. Hassasiyet açısından örnekleme zamanını asgari düzeye indirebilecek özellikte olmalıdır. Düşük örnekleme zamanı için, veri yolu ve işlemci hızı yüksek anakart, kapasitesi yüksek erişilebilir hafıza ve okuma/yazma hızı yüksek harddiske sahip bir bilgisayar seçilmelidir. Seçilen bilgisayar, kontrol kartlarıyla uyumlu bir yapıya da sahip olmalıdır.

3.7. Kontrol yazılımı

Makine-insan arayüzünü oluşturan ve genellikle görsel özelliği olan en önemli ortamdır. Hassasiyet açısından örnekleme zamanını en aza indirebilecek şekilde bir döngülük zaman en aza indirilmelidir. Bunun için döngü içerisinde olabildiğince ekrana az veya atlamalı yazdırılmalı, çok az şart komutu ve olabildiğince az aritmetik ifade olmalı ve değişken değer almayan ifadeler dışarıda tutulmalıdır. Hassasiyet için ayrıca, kesme ve yuvarlama hatalarına, sayısal çözümlemenin kararlılığına ve sayısal filtre algoritmalarına dikkat edilmelidir. Gecikmesi fazla filtreler kontrol hassasiyetini ve gürbüzlüğü olumsuz etkileyebilmektedir.

3.8. Elektronik arayüz

Veri toplama ve kontrol kartları, kontrol elektroniği, sinyal işleme devreleri, elektronik arayüzü oluşturur. Hassasiyet açısından, veri toplama ve kontrol kartlarının çözünürlüğü ve örnekleme hızı yüksek olmalıdır. Ölçüm veya sinyal gönderme aralığı, sırasıyla algılayıcılarla veya sürücülerle çözünürlük açısından uyumlu olmalıdır. Ayrıca, dönüştürme gecikmesi çok düşük kartlar ve devreler tercih edilmelidir. Hassasiyet açısından çok önemli bir husus da elektronik gürültüdür. İyi bir topraklama, manyetik ortamdan yalıtım veya uzağından götürme, kısa mesafeli uygun ölçüm kabloları, voltaj yerine akım olarak sinyal taşıma, analog yerine dijital sinyali tercih etme gibi tedbirler gürültüyü olabildiğince azaltmaktadır. Yine de bir miktar gürültü kaçınılmazdır; analog veya sayısal filtreleme gerekebilir. Filtreleme özgün sinyale sadık kalacak ancak yeterince de gürültüyü azaltacak düzeyde olmalıdır. Özellikle filtre yapısı, gecikmesi ve frekans cevabı bunda çok etkilidir.

3.9. Algılayıcılar

Kontrol değişkeni veya diğer gerekli değişkenleri ölçen sistem elemanlarıdır. Ölçülecek büyüklüğe ait değişimleri algılayıp voltaj, akım veya elektrik yükü şeklinde elektrik sinyallerine dönüştüren elemanlardır. Ne kadar hassas ölçülebilirse ancak o kadar hassas

kontrolün gerçekleştirilebileceği çok iyi bilinmektedir. Çünkü testin sonuçları olan bu veriler ile başarımlarına karar verilebilmektedir ve uygunsuz algılayıcının telafisi ise yoktur. Hassas kontroller için, ölçüm aralığı uygun, çözünürlüğü yüksek, doğrusalıktan sapması az, doğruluğu yüksek, histerezis değeri düşük, az gürültü kapan veya hiç kapmayan (optik veya lazerli) algılayıcıların seçilmesi oldukça önemlidir. Bütün bu özellikler için maliyet açısından elbetteki tavan sınır değerler olmalıdır. Bunda ölçü ise, test makinasından istenilen hassasiyet değerlerini güvenle sağlayacak kadar üstün özelliklere sahip algılayıcıların seçimidir.

4. ÖRNEK TEST MAKİNALARI ÜZERİNDE BAZI DEĞERLENDİRMELER

Yukarıda detaylı olarak bahsedilen hususlar dikkate alınarak tasarlanmış olan makinalardan üçüne ait sonuçlar ve bazı değerlendirmeler başlıklar halinde aşağıda verilmektedir.

4.1. Beton Eğilme Deneyi Makinası

Örnekleme zamanı yaklaşık olarak 1/3000 saniye olmak üzere PD kontrol kullanılarak yapılan testler sırasında elde edilen sehim-zaman grafiklerinden değişken yüke rağmen (Şekil 2a) ± 0.03 mm doğrulukta konum, dolayısıyla sehim hızı kontrolünün gerçekleştirildiği görülmüştür (Şekil 2b). Yüksek doğrulukta bir sehim hızı kontrolü ve beton deneyi için, yükleme çerçevesinin tasarımında, mukavemet açıdan maksimum yüke dayanabilmesinin yanısıra yeterince rijit olmasına da dikkat edilmiştir. Elektronik gürültüyü giderebilmek için konum ölçerlerin endüktif türde olması, sinyallerin ölçüm kablosu ile iletilmesi ve uygun filtreleme yapılması deneysel sonuçların hassasiyetini olumlu yönde etkilemektedir.

4.2. Çekme Deneyi Makinası

Uzama hızı kontrollü çekme deneyi makinasında yapılan çekme deneylerinde elde edilen yük-uzama eğrileri ve bu deneyler sırasında sistemin rampa girişe cevapları 0.5 mm/dak deney hızı için sırasıyla Şekil 4a ve Şekil 4b örnek olarak verilmiştir. Sistemin istenilen referans girişi -0.03 mm 'lik bir dinamik hata ile yüksek doğrulukta izlediği görülmüştür. Düşük hızlarda hız ölçmek yerine hassas bir şekilde konum ölçmek genelde tercih edilir. Böylece hassas konum kontrolü dolaylı olarak da hassas hız kontrolü yapılmış olmaktadır. Esas amaç uzamayı değil uzama hızını kontrol olduğundan uzama grafiğinde rampanın eğimi (yani istenilen uzama hızı) çok yüksek doğrulukla elde edilmiş olmaktadır.

4.3. Beton Basma Deneyi Makinası

Beton basma deneyleri için tasarlanan 500 tonluk basma deneyi makinası hakkında tecrübe kazanmak ve edinilen tecrübeler ışığında tasarımı geliştirmek amacıyla 120 tonluk bir prototip deney cihazı geliştirilmiştir. Prototip sistemin kayan kipli kontrol ile yüksek

hassasiyette elde edilmiş olan rampa ve sinüs girişlere cevap eğrileri Şekil 7 'de örnek olarak verilmiştir. Bu prototip sistem kartuş valflerle de yeterince hassasiyette kontrol edilmiştir.

5. SONUÇ

Bu bildiri ile bu alanda çalışmalar yapmakta veya yapacak olan gerek akademisyenler gerekse endüstrideki diğer teknik elemanlar için faydalı olabilecek özlü bir kaynağın oluşturulması kısmen gerçekleşmiştir. Bildiride, bu tür makinaların, tasarımında hassasiyet açısından dikkate alınması gereken hususlar ayrı ayrı başlıklar halinde hem teorik hem de pratik açıdan ele alınmıştır. Söz konusu hususların halen kullanılmakta olan bir kısım elektrohidrolik tahrikli malzeme test makinalarının geliştirilmesi sırasında ne şekilde dikkate alındığı ve sonuçlara nasıl olumlu yansıdığı gerçek test sonuçları grafikler halinde verilerek vurgulanmıştır.

TEŞEKKÜR

Yazar, başta akışkan gücü kontrolünde söz sahibi ve kitap yazarı Prof. Dr. Yücel ERCAN olmak üzere tüm hocalarına, çalıştığı kurum sorumlularına ve iş arkadaşlarına ve yıllarca sabır ve anlayış gösteren değerli ailesine teşekkürü borç bilir.

KAYNAKLAR

Batu, U., Gürcan, M.B. ve Balkan, T., Hidrolik Servo Valflerin Dinamik Modelleri ve Performans Testleri. "III. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi ve Sergisi", E/2003/342, 2003.

Ercan, Y., Akışkan Gücü Kontrolü Teorisi. Gazi Üniversitesi Yayın No: 206, 1995, Ankara.

Jelali, M. Kroll, A., Hydraulic Servo-systems: Modelling, Identification and Control, Springer, Berlin, 2003.

Yiğit, İ., Köksal, F., Kılık R., 2005, "Beton Deneyleri İçin Bir Sehim Hızı Kontrollü Yükleme Çerçevesinin Geliştirilmesi", 12. National Machine Theory Symp. 9-11 June 2005, Kayseri.

Yiğit, İ., Kılık R., "Bir Uzama Hızı Kontrollü Çekme Deneyi Makinasının Tasarımı, İmalatı ve Bilgisayar İle Kontrolü", 12.National Machine Theory Symp., 9-11 June 2005, Kayseri.

Yiğit, İ., "500 tonluk deformasyon hızı kontrollü elektrohidrolik tahrikli bir beton basma deneyi makinasının tasarımı ", 14. Uluslararası Makina Tasarım ve İmalat Kongresi, UMTIK 2010, 29 Temmuz–02 Eylül 2010, Güzelyurt, KKTC.